ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES
ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT ;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Conseiller d'État, Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.

TROISIÈME SÉRIE.

TOME VIII.

PARIS,
CHEZ CARILIAN-GŒURY, ÉDITEUR-LIBRAIRE,
QUAI DES AUGUSTINS, N° 41.

1835.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Directeur général. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, de l'inspecteur des études et des professeurs de l'Ecole des mines, du chef de la division des mines, et d'un ingénieur des mines secrétaire-adjoint.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documens concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert* de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, à *M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines*, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivans.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois.—Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 60 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départemens, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE ET FONDERIE DE FAIN,
RUE RACINE, N° 4, PLACE DE L'ODÉON.

MÉMOIRE

Sur les roches qu'on nomme grunstein *et* grunstein porphyrique.

Par M. G. ROSE.

(Ann. de Chim. et de Phys. de Poggendorff, T. XXXIV, 1835, p. 1-30. — Traduit par M. E. Lefebvre de Fourcy, aspirant-ingénieur des mines.)

Les roches désignées sous les noms de *grunstein* et de *grunstein porphyrique*, ont une composition minéralogique très diverse (1). Elles me semblent devoir être rapportées à cinq genres de roches différens, auxquels je donnerai provisoirement les noms de diorite, de porphyre dioritique, d'hypersthenfels, de gabbro et de porphyre augitique. Ces dénominations peuvent n'être point parfaitement convenables, mais elles ont du moins l'avantage d'être usitées en géologie. Ces cinq

(1) Les grunsteins ne se montrent peut-être nulle part aussi développés et sous des aspects aussi divers que dans l'Oural. Dans mon voyage en Sibérie avec M. Alexandre de Humboldt, j'ai été à même d'en faire des collections ; et en travaillant à la relation minéralogique de ce voyage, je suis maintenant conduit à observer de plus près, non-seulement les échantillons que j'ai recueillis, mais encore les grunsteins d'autres pays, qui se trouvent au muséum royal de Berlin. Mes recherches ne sont point aussi complètes que je le désirerais ; il eût fallu faire un grand nombre d'analyses chimiques pour décider ou confirmer ma manière de voir sur quelques points douteux. Quoi qu'il en soit, je me suis décidé à faire déjà connaître les premiers résultats de recherches qu'il m'est actuellement impossible de pousser plus loin, sans retarder encore davantage la publication de mon journal de voyage, entravée déjà depuis si

genres de roches se distinguent par les caractères suivans.

§ I. Diorite.

Le diorite est un mélange de grains d'albite et d'amphibole.

L'albite présente le plus souvent un clivage net suivant deux directions (P et M), dont l'angle est d'environ 93°. La première face de clivage porte généralement cet angle rentrant, qui distingue l'albite du feldspath d'une manière si caractéristique. Cet angle a son arête parallèle à l'intersection des deux faces de clivage, et est produit par la réunion de deux cristaux accolés suivant leur seconde face de clivage. Au second cristal s'en accole fréquemment un troisième; au troisième un quatrième, et ainsi de suite. Le troisième se trouve alors placé comme le premier, le quatrième comme le second, et cette similitude de position se reproduit de deux en deux pour les divers élémens qui composent le faisceau. Si, comme on l'observe généralement en pareil cas, les élémens de l'une des deux séries prédominent, le groupe entier présente l'aspect d'un seul et unique cristal, pour lequel la première face de cli-

long-temps par des circonstances imprévues. D'ailleurs des recherches plus précises ne peuvent être d'aucune influence pour les grandes divisions que j'indique ici. Les dénominations dont je me sers dans cet opuscule seront reproduites dans ma relation de voyage. Je me propose, dès qu'elle sera terminée, de reprendre immédiatement mes travaux, et de faire plusieurs analyses qui s'y rapportent. Dans le cas où l'influence des résultats que j'obtiendrais s'étendrait à la classification que j'adopte ici, j'aurais soin de les publier dans un appendice à mon journal de voyage.

vage serait plus ou moins striée parallèlement à la seconde. De pareils groupes peuvent encore eux-mêmes être associés, comme le sont deux cristaux de feldspath dans les feldspaths de Carlsbade; ils sont alors accolés par la seconde face de clivage, et la première (toujours celle qui porte les stries) se trouve ainsi placée en avant pour un groupe, en arrière pour l'autre. Souvent même cette association de deux groupes, déjà formés d'un grand nombre d'élémens, se répète plusieurs fois, et la face striée se reproduit ainsi alternativement en avant et en arrière. Les faces de clivage de l'albite ne se montrent pas avec une égale netteté dans les différentes variétés de diorite. Elles sont moins nettes que celles du feldspath; quelquefois même il faut beaucoup d'attention pour les découvrir, surtout quand la cassure générale s'est faite suivant une autre direction, auquel cas elle est à petites esquilles. L'albite est blanc; il n'est ordinairement que translucide et souvent même sur les bords seulement. Assez fréquemment il se montre avec une belle couleur gris-verdâtre, et cette coloration tient sans doute à ce qu'il est alors mélangé d'amphibole: c'est dans ce cas surtout que les faces de clivage sont le plus difficiles à reconnaître.

L'amphibole présente un clivage net suivant deux directions, formant un angle de 124°. Il passe, par différentes nuances, du noir verdâtre au vert noirâtre. Il est opaque. Au chalumeau il se fond sur le charbon, avec bouillonnement, en un verre noir, légèrement magnétique.

Le diorite peut contenir accidentellement les substances suivantes:

Quartz : en grains blanc-grisâtres, quelquefois blancs de lait, avec un éclat gras plus ou moins prononcé.

Mica : en petites lames d'un noir verdâtre, ou d'un brun de tombac.

Pyrite : finement disséminée, ou en petits cubes isolés.

Fer oxidulé : finement disséminé

La proportion relative des deux élémens principaux du diorite est extrêmement variable. Le cas le plus rare est celui où l'albite et l'amphibole se trouvent par portions à peu près égales. Ordinairement l'un des deux domine, surtout l'amphibole : dans ce cas, le diorite prend un aspect très noir, et le peu d'albite qui s'y trouve est blanc-verdâtre, à clivage indistinct. Quant au quartz, mica et autres substances dont le diorite peut être accidentellement mélangé, ils s'y trouvent toujours en faible proportion. La grosseur des grains n'est pas moins variable; quelquefois la roche est à gros grains, comme dans le diorite du Konschekowskoj Kamen, près Bogoslowsk, dans l'Oural, où il n'est pas rare de trouver des cristaux d'amphibole ayant plus d'un pouce de grosseur. L'on trouve de pareilles roches à gros grains parmi les diorites taillés par les anciens (1). Plus fréquemment les grains sont de moyenne grosseur; même, les diorites, où l'amphibole domine, ont souvent un grain si fin, qu'ils ont l'aspect d'une masse compacte et

(1) Le muséum royal de Berlin possède une collection de ces diorites antiques. Ils ont été recueillis par M. Alex. de Humboldt, dans un séjour qu'il fit autrefois en Italie.

homogène. Dans les diorites, où l'albite domine, l'amphibole se trouve quelquefois en cristaux et en grains isolés au milieu d'un albite grenu (mine de Frolowsche, près Bogoslowsk, dans l'Oural), et réciproquement dans les diorites où l'amphibole domine, on rencontre quelquefois l'albite en cristaux ou en grains isolés au milieu d'un amphibole grenu (Turdojak, près Miask, dans l'Oural). Enfin il peut encore arriver qu'un mélange à grains fins d'albite et d'amphibole renferme des cristaux plus gros d'amphibole, et prenne ainsi l'aspect porphyroïde (fragmens roulés des environs de Berlin) (1).

Les différens grains, tant ceux des deux élémens essentiels à la roche que ceux des diverses substances qu'on y rencontre accidentellement, adhèrent ordinairement très fortement l'un à l'autre, et ne se laissent séparer et détacher qu'avec difficulté.

Un fragment de diorite d'Alapajawsk, dans l'Oural, ne contenant qu'albite et amphibole, le premier en proportion légèrement dominante, et pesant 32,0332 grammes, avait une pesanteur spécifique de 2,792.

La même variété a fondu au creuset de platine, dans un four à porcelaine, en un verre noir-verdâtre; de petites écailles minces de ce verre étaient transparentes, d'un blanc verdâtre. Une variété très riche en amphibole, de Nichne-Isetok, près Katharinenburg, dans l'Oural, a

(1) Comme exemple de structure, l'on pourrait encore citer ici les célèbres diorites orbiculaires de Corse; mais cette roche est trop rare pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter.

fondu au creuset brasqué, dans le four à porcelaine, en une masse blanche, faiblement translucide sur les bords, ne se laissant point rayer au couteau, présentant une cassure à petites esquilles. A la partie inférieure s'était rassemblé un culot de fer : de petits grains de fer se voyaient aussi tout autour de la masse vitreuse. Le culot principal renfermait de petits cristaux et de minces lamelles de titane, qui se faisait facilement reconnaître à sa couleur rouge de cuivre, et qui resta inattaqué quand on vint à dissoudre le culot dans l'acide nitrique. L'on voit par-là que l'acide titanique peut se rencontrer, quoiqu'en faible proportion, dans les diorites, où il accompagne peut-être, soit l'albite, soit l'amphibole, de la même manière qu'il accompagne quelquefois aussi le mica. Le fer titané ne se rencontre pas, au moins en proportion reconnaissable, dans le diorite de Mapajewsk (1).

(1) En fondant au creuset brasqué le diorite, et, comme on le verra plus loin, le autres grunsteins, on réduit, non-seulement le fer, mais encore le titane. Ce dernier se sépare du fer sans former d'alliage avec lui, et résiste à l'action de l'eau régale elle-même. Je pensais donc, en fondant le fer titané au creuset brasqué, avoir trouvé un moyen simple de séparer le titane du fer. Le fer titané (j'employai des grains d'Iserine) ne fondit point seul, ou du moins ne fondit que par places : une pellicule de titane recouvrait la masse. Il fut alors pulvérisé et fondu avec divers flux, dans un premier essai avec du diopside pulvérisé, dans un second avec du labrador aussi pulvérisé; mais on obtint, avec ces substances, des masses noires lamelleuses, et l'on eut très peu de fer dans le premier cas, un peu plus dans le second; quant au titane, on n'en trouva point trace. L'on ne peut donc réussir par cette voie à séparer le titane du fer, et l'on doit conclure de ces essais, qu'en fondant ensemble de

Le diorite est assez fréquent parmi les grunsteins de l'Oural. Il forme dans le nord de cette chaîne de montagnes la majeure partie de la crête principale, et entre autres le Konschekowkoj Kamen, près Bogoslawsk, et la Belaja Gora, près Nischne-Tagilsk. L'on trouve encore des variétés très remarquables de cette roche près Alapajensk et dans les environs de Miask. Quant aux diorites d'autres contrées, nous citerons comme exemples, celui du Rothenbourg au Kiffhaüser, en Thuringe : il est à assez gros grains; celui d'Ebersbach et de la Colonne-des-Géans, dans l'Odenwald; celui de l'Ehrenberg, près Ilmenau : il contient du quartz et du mica; celui du Hodritsh, près Schemnitz : il renferme du mica brun de tomback et du felspath rouge de chair : on y exploite des mines d'argent importantes; celui de Guambacho au Pérou : un très bel échantillon de cette localité se trouve dans la collection de M. Alex. de Humboldt. Les fragmens taillés par les anciens présentent encore des variétés à gros grains fort remarquables : l'albite y est blanc de neige, et l'amphibole noir; on y trouve aussi un peu de mica brun de tombac : ces diverses couleurs donnent à la roche un aspect très agréable. Les diorites, qu'on trouve parmi les fragmens roulés des environs de Berlin, sont

---

l'acide titanique et des bases, on obtient des produits cristallins. Plusieurs des combinaisons cristallisées d'acide titanique que fournit la nature, semblent par la fusion changer de système cristallin. Ainsi, de la titanite jaune donna une masse noire, composée de dodécaèdres rhomboïdaux très nets, surtout à la surface de la masse; de la titanite brune de l'Ilmen dans l'Oural, donna des cristaux noirs, bacillaires, mais indéterminables.

remarquables par le quartz blanc de lait qui s'y rencontre fréquemment en mélange.

Les diorites, où l'amphibole domine, sont également abondans dans l'Oural, surtout dans la contrée de Nischne-et-Werch-Isetsk, près Katharinenbourg; on en trouve dans le Harz, à la Rosstrappe et au Mahnberg sur l'Ocker, à Mitweida, dans l'Erzgebirge, et enfin dans beaucoup trop d'endroits, pour qu'il soit nécessaire de citer encore ici d'autres localités.

§ II. PORPHYRE DIORITIQUE.

Le porphyre dioritique se compose d'une pâte renfermant des cristaux d'albite et d'amphibole. La pâte est tantôt d'un gris verdâtre ou noirâtre, tantôt d'un blanc verdâtre ou grisâtre; la couleur en est du reste toujours sombre. La cassure en est inégale, à petites esquilles, sans éclat, et la dureté si grande, que le couteau la raie avec peine, ou même ne peut la rayer. Au chalumeau l'on obtient un verre gris-noirâtre (1).

L'albite est souvent en cristaux hémitropes blancs, éclatans, clivables, nettement terminés. Ces cristaux présentent l'angle rentrant formé par les faces de plus facile clivage. Quelquefois ils sont moins nettement terminés, ont une légère teinte grisâtre ou verdâtre, et présentent

(1) Je n'ai point encore fait de plus amples recherches sur la nature de la pâte du porphyre dioritique, non plus que sur celle du porphyre augitique. Il est probable, ainsi qu'on l'admet ordinairement, que la pâte de ces porphyres, comme celle de tous les autres, est formée principalement des mêmes substances que les cristaux qui y sont renfermés. On n'a encore fait, du reste, aucun essai direct à ce sujet.

une cassure mate, esquilleuse. Enfin, il y a des cas où les cristaux se distinguent si peu de la pâte, qu'il faut mouiller le morceau pour les apercevoir.

L'amphibole est noir-verdâtre et a des faces de clivage très prononcées et très éclatantes. Les cristaux sont alongés, souvent assez volumineux, et plus ou moins fortement engagés dans la pâte. Ils se cassent nettement, et produisent ainsi souvent, à la surface de cassure, des contours rectilignes, dont on peut déduire leur forme extérieure. De petits fragmens fondent facilement au chalumeau et donnent, après un fort bouillonnement, un globule noir, qui se laisse attirer à l'aimant, quand il n'est point trop gros.

L'on trouve, comme pour le diorite, en mélange *accidentel*, le quartz, le mica, la pyrite de fer et le fer oxidulé. C'est le quartz qui est le plus fréquent; il peut même, dans certains porphyres dioritiques, se trouver en proportion assez considérable. Le plus souvent il est cristallisé en double pyramide à six faces, arrondi sur les arêtes, blanc-grisâtre, translucide, ayant un éclat gras.

L'albite et l'amphibole se trouvent fréquemment disseminés dans la pâte, en proportion à peu près égale, et en outre la plupart du temps la roche est composée, moitié de pâte, moitié de cristaux. Dans d'autres variétés, au contraire, l'albite ou l'amphibole sont moins abondans, et peuvent même disparaître tout-à-fait. Quand l'albite se trouve ainsi en faible proportion, il est ordinairement indistinct.

L'on a trouvé 2,884 pour la pesanteur spécifique d'un fragment de porphyre dioritique, du poids de 32,5866 grammes, venant des lavages

d'or de Pitatelewskj, près Bogoslowsk, et contenant des cristaux distincts d'amphibole et des cristaux indistincts d'albite.

Ce porphyre dioritique fondit dans un creuset brasqué, au four à porcelaine, en un verre gris; à la partie inférieure de la masse s'était rassemblé un culot de fer, avec traces de titane rouge de cuivre.

Le porphyre dioritique se montre dans l'Oural en abondance et très bien caractérisé. On y trouve l'albite et l'amphibole en presque égale proportion, au pied de l'Auschkuls, et à la Berkutskaja Gora, près Miask, et aux lavages d'or de Pitatelewskj, près Bogoslowsk; dans cette dernière localité, il contient beaucoup de cristaux dodécaèdres de quartz; à Polikowskj, près Miask, dans la mine de cuivre de Frolowsch, près Bogoslowsk, et aux laveries d'or de Pitatelewskj, le porphyre contient de bel amphibole: l'albite y est indistinct. Dans la contrée de Nischne-Turinsk, le porphyre renferme de l'albite sans amphibole. Les porphyres dioritiques de Pitatelewskj et de Frolowsch, dont il vient d'être question en dernier lieu, offrent une grande ressemblance avec des porphyres dioritiques d'Amérique (collections de MM. Alex. de Humboldt, Deppe, Meyen et Sellow), par exemple avec ceux de San-Felipe, dans la province Jean-de-Bracamoros; de la Cuesta Grande-de-Misautha, au Mexique; de la crête du Monte-Imposible, dans la province de Saint-Fernando, au Chili. Le beau porphyre dioritique de Pisoje, près Popayan (collection de M. de Humboldt), se distingue de ceux que nous venons de mentionner, en ce qu'il renferme des cristaux d'albite blanc beaucoup plus gros et plus

beaux, tandis qu'il ne contient que de petits cristaux d'amphibole. L'on trouve des porphyres dioritiques, à pâte grise, renfermant de gros cristaux d'albite blanc, et quelques cristaux d'amphibole noir, parmi les roches taillées par les anciens (granito amandala).

Des porphyres analogues à ces derniers se voient à Wenöspatak, dans le Siebenburg, où ils forment la roche dans laquelle on exploita jadis des mines d'or : ils sont déjà décomposés; l'albite et l'amphibole y sont légèrement terreux; on y trouve aussi de gros dodécaèdres de quartz arrondis sur les arêtes. Le porphyre dioritique de Schemnitz, dans lequel se trouvent les mines d'argent qu'on exploite aujourd'hui, présente aussi déjà une décomposition fort avancée : on y rencontre en mélange accidentel du talc vert en tables hexagonales, et de la pyrite de fer; du spath calcaire s'y trouve en outre disséminé en petits grains, en sorte que la roche fait presque toujours effervescence avec les acides, comme l'a déjà indiqué M. Beudant.

§ III. Hypersthenfels.

L'hypersthenfels est un mélange de grains de labrador et d'hypersthène.

Le labrador présente deux clivages principaux, suivant des directions formant à peu près le même angle que pour l'albite. Il présente aussi les mêmes hémitropies; ces dernières se voient surtout très bien dans les variétés à gros grains d'hypersthenfels, comme celle de l'île Saint-Paul, près de la côte de Labrador; la présence de stries,

sur les faces de clivage le plus facile, y est un phénomène très commun. Dans ces variétés à gros grains, le labrador est blanc-grisâtre, fortement translucide, et présente généralement ce chatoiement si connu, qui a toujours lieu sur la seconde face de clivage. Dans les variétés à moins gros grains, il est blanc de neige, faiblement translucide sur les arêtes, et sans chatoiement; les faces de clivage sont dans ce cas moins distinctes, et la cassure est à fines esquilles. Ces dernières variétés de labrador se distinguent difficilement des variétés analogues d'albite; comme l'albite, il est très peu fusible au chalumeau; comme lui, il n'altère point la teinte du borax coloré par le nickel, lorsqu'on le fond avec ce sel au chalumeau. Sa pesanteur spécifique est à la vérité un peu plus grande, dans le rapport de 27 à 26, mais elle est difficile à prendre dans un hypersthenfels à petits grains. Il est plus soluble que l'albite dans l'acide hydrochlorique concentré; mais il ne l'est pas encore assez pour qu'on puisse le distinguer à ce caractère. On ne l'a jamais observé avec de l'amphibole, mais seulement avec de l'augite (sans parler de l'hypersthène et du diallage); quand cette substance l'accompagne, il est toujours très facile à reconnaître.

L'hypersthène a deux clivages, qui se coupent sous un angle de 88° environ, et un troisième, qui forme un angle de 134° avec chacun d'eux, et correspond par conséquent à la troncature faite sur l'arête aiguë du prisme à quatre faces, auquel mènent les deux premiers clivages. Les premières faces de clivage sont en général sans continuité et peu distinctes; la troisième, au contraire, est souvent parfaitement nette; quelquefois l'on aperçoit aussi,

suivant la même direction, des faces encore plus lisses et plus éclatantes; mais ces faces sont celles du cristal même, et ne sont point dues au clivage. Ce clivage plus net forme, quant à la structure, une distinction entre l'hypersthène et l'augite, parce que dans l'augite les clivages parallèles aux faces du prisme sont en général les plus nets. Quelquefois les faces de plus facile clivage de l'hypersthène présentent des contours rectilignes, comme dans l'hypersthenfels de Monzon, en Tyrol: ils forment alors un hexagone symétrique, ayant deux angles de 118° et quatre de 121°, les mêmes que ceux des faces de troncature sur les arêtes aiguës (faces *r* d'Haüy), dans certaines formes d'augite, par exemple, celle que représente la *fig*. 95, *Planche LXVII* de l'atlas du même auteur. La couleur de l'hypersthène est le brun foncé, le vert noirâtre ou le noir verdâtre. Dans quelques variétés brunes, comme celles de l'île Saint-Paul et de Penig, en Saxe, les faces de plus facile clivage présentent une teinte presque rouge de cuivre, et de plus un éclat nacré métallique, tandis que dans les autres sens l'éclat est gras. Dans d'autres variétés brunes, comme celles de Neurode en Silésie, d'Elfdalen en Suède, la différence de teinte est au contraire insignifiante et disparaît même tout-à-fait, ainsi qu'on l'observe toujours pour les variétés vertes, comme celles de l'île de Sky en Écosse, où l'éclat seul est un peu plus vif et plus nacré pour les faces de plus facile clivage.

L'hypersthène est toujours peu fusible au chalumeau. De petites esquilles, tenues dans la pince de platine, fondent plus ou moins bien en un verre noir-verdâtre, attirable à l'aimant, propriété que la substance possède en général déjà à un fai-

ble degré avant la fusion. Quelques variétés sont presque complétement infusibles.

Quelquefois les cristaux d'hypersthène se trouvent sur leurs faces extérieures, ou sur les bords de petites fissures qui les traversent, associés avec de l'amphibole noir-verdâtre, qu'on reconnaît à ses deux faces de clivage formant un angle de 120°. Cette association de l'amphibole et de l'hypersthène se fait toujours d'une manière régulière, et de telle sorte qu'il y ait parallélisme entre les axes principaux des prismes rhomboïdaux que forment les faces de clivage des deux substances, et entre les plans qui passent, l'un par les arêtes aiguës de l'amphibole, l'autre par les arêtes obtuses de l'hypersthène. C'est ce qui a lieu pour l'hypersthène de Penig, et pour plusieurs blocs erratiques de Berlin, mais d'une manière beaucoup moins prononcée que pour le diallage du gabbro ou l'augite du porphyre augitique, ainsi qu'on le dira plus loin. Du reste, la raison du phénomène est probablement la même que pour ces derniers, et je pense qu'il faut le regarder, non pas comme contemporain de la roche même, mais plutôt comme le résultat d'un commencement de transformation de l'hypersthène.

L'amphibole ne se trouve *jamais* dans l'hypersthenfels, en cristaux ou en grains distincts; toujours il est associé à l'hypersthène comme il vient d'être dit. L'on trouve en mélange accidentel les substances suivantes :

Olivine : souvent en grains assez gros de couleur vert-olive (Elfdalen en Suède); l'absence presque complète de clivage, son infusibilité au chalumeau, sa couleur, la distinguent de l'hypersthène.

Mica : en petites lames d'un brun de tombac; l'apatite (chaux phosphatée), en prismes

hexagonaux minces, alongés, blancs, pénétrant les autres substances; le fer titané, en grains magnétiques, de couleur noir de fer, avec éclat métallique, et se distinguant du fer oxidulé par la couleur rouge qu'ils donnent au sel de phosphore, si on les fond avec cette substance au chalumeau;

Pyrite de fer : ordinairement en petite quantité, disséminée en parties fines dans la masse.

L'hypersthenfels est à plus ou moins gros grains: tantôt ces derniers sont assez gros pour avoir plusieurs pouces de diamètre, tantôt ils sont assez fins pour donner à la roche l'aspect d'une masse homogène. En général, le labrador domine dans l'hypersthenfels; l'olivine et la pyrite, quand elles s'y trouvent, y sont toujours en très petite quantité; quant au fer titané, il peut se trouver dans certaines variétés en si grande abondance, qu'il semble former un élément essentiel de la roche (Elfdalen, blocs erratiques des environs de Berlin): dans d'autres, au contraire, il manque totalement (île Saint-Paul).

L'hypersthenfels d'Elfdalen, si riche en fer titané, fondit au creuset brasqué, dans le four à porcelaine, en une masse noir-grisâtre, à cassure mate; à la partie inférieure s'était rassemblé un gros culot de fer, recouvert d'un grand nombre de cristaux très reconnaissables de titane. De petits globules de fer avec titane étaient en outre disséminés sur toute la surface de la masse.

L'hypersthenfels aux monts Ourals ne présente point de variétés remarquables. On ne l'y voit même pas en place, mais seulement en fragmens roulés dans les sables platinifères de Nischne-Tagilsk.

L'hypersthenfels de l'île Saint-Paul, sur la

côte de Labrador, est une des variétés aux plus gros grains qu'on connaisse encore. L'hypersthène en est très remarquable par son éclat nacré, métallique et presque rouge de cuivre; le labrador y est blanc grisâtre, fortement translucide, et souvent chatoyant. On n'y trouve aucune substance en mélange accidentel.

L'hypersthenfels de Penig, en Saxe, est aussi à gros grains; le labrador y est translucide; l'hypersthène métallique et nacré, quelquefois bordé d'amphibole. L'hypersthenfels de Buchau, près Neurode, en Silésie, est à moins gros grains; le labrador en est parfois fortement translucide; l'hypersthène est brun. Le bel hypersthenfels si connu d'Elfdalen est à aussi gros grains que celui de Buchau; le labrador en est blanc et peu translucide, l'hypersthène brun noirâtre : il contient beaucoup de fer titané, et en outre un peu d'olivine et de fines aiguilles d'apatite. Cette roche est polie à Elfdalen, et taillée en vases et autres objets souvent d'assez grandes dimensions; la beauté du poli, dont elle est susceptible, et l'agréable diversité des couleurs qu'elle réunit, en font une des plus belles roches connues jusqu'ici.

Les blocs erratiques de Berlin présentent des variétés d'hypersthenfels analogues à celle d'Elfdalen; seulement le labrador en est plus translucide et légèrement verdâtre, l'hypersthène un peu sombre, quoique très éclatant. La roche contient du fer titané et de l'olivine. D'autres variétés renferment de l'hypersthène plus noir et souvent bordé d'amphibole.

L'hypersthenfels du Monzon, dans la vallée de Fassa, en Tyrol, présente souvent des variétés à

gros grains. Il est formé de labrador blanc, peu translucide, et d'hypersthène brun. Le labrador domine, et l'hypersthène se trouve souvent en cristaux isolés et régulièrement terminés.

Un très bel hypersthenfels, souvent à très gros grains, se trouve au Coruisge, dans l'île de Sky, l'une des Hébrides. L'hypersthène semble y dominer; mais au lieu d'être brun comme à l'ordinaire, il est gris-noirâtre. Le labrador est blanc-verdâtre et translucide; on y trouve en outre un peu de fer titané.

L'hypersthenfels est une roche fort abondante au Harz, et forme la plus grande partie des grunsteins qu'on y rencontre; mais les diverses variétés qu'il présente sont peu remarquables, à prendre même les mieux caractérisées. Le labrador y est opaque et blanc verdâtre, l'hypersthène brun; quelquefois la masse est à petits grains, et renferme de gros cristaux de labrador, et souvent du fer titané et de la pyrite de fer. Ces dernières variétés appartiennent à l'hypersthenfels, de la Peterskiippe, dans le voisinage du Buchenberg, près Wernigerode; à celui de l'Heinrichsburg, près Mägdesprung, dans la vallée de la Selke; à celui de la vallée de Huth, près Clausthal; et enfin à celui de la Kollie, près Braunlage. Les roches de la Krötenmühle, près Steben au Fichtelgebirge, et celles du Dillenburg, offrent une très grande ressemblance avec celles du Harz.

§ IV. Gabbro.

Le gabbro est un mélange de grains de labrador et de diallage.

Cette roche se rapproche beaucoup de la précédente. Le labrador s'y trouve avec la même struc-

ture que dans l'hypersthenfels : seulement il ne présente pas de clivages aussi nets, et offre plus fréquemment une cassure à larges esquilles ; dans ce dernier cas la translucidité diminue, et la couleur passe au blanc ou gris-verdâtre.

L'on peut considérer le diallage comme un augite, qui aurait perdu les faces de clivage parallèles aux pans du prisme rhomboïdal de 88°, pour ne conserver que les faces de clivage parallèles aux troncatures des arêtes aiguës et obtuses de ce même prisme. Les premières faces de clivage sont très prononcées, ont un éclat métallique nacré, et présentent des fissures et des stries parallèles à l'intersection de ces mêmes faces avec les secondes. Les secondes faces de clivage sont beaucoup moins distinctes, et ont un éclat mat ou gras ; elles viennent parfois à manquer dans certaines variétés à gros grains, et le diallage affecte alors la forme de lamelles, qui se distinguent de celles de mica par leurs plus grandes dimensions, et en outre, par leur défaut d'élasticité ; souvent même elles sont courbes et contournées. Quelquefois les grains de diallage offrent des contours rectilignes, et présentent alors un hexagone symétrique, ayant les mêmes angles que les faces du plus facile clivage dans l'hypersthène. La couleur est un vert sombre, qui passe au gris, au brun et au noir ; quelquefois au blanc verdâtre et grisâtre. Le diallage est très peu fusible au chalumeau : de petites esquilles chauffées dans la pince de platine, fondent sur les bords en un verre éclatant, gris-noirâtre (1).

---

(1) Les détails que nous donnons ici sur la manière dont se comportent au chalumeau le diallage et l'hy-

Les fragmens de diallage dans le gabbro sont plus souvent et plus nettement encore que ceux d'hypersthène dans l'hypersthenfels, enveloppés comme d'une écorce plus foncée d'amphibole. Cette circonstance se présente pour le diallage de la Baste au Harz, et Köhler l'y a pour la première fois mentionnée; mais elle se voit d'une manière encore plus nette sur le gabbro du village la Prese, entre Bormio et Tiranò, dans la Valteline. Ici les plus petits fragmens sont entièrement amphiboliques; il n'y a que les plus gros où l'on voie le diallage entouré de son écorce d'amphibole: cette dernière substance est éclatante, brune, et ressemble beaucoup pour la couleur à l'hypersthène, avec lequel on l'a souvent confondue (1). Elle fond sur le charbon en un globule noir-verdâtre, pendant que le diallage qui l'accompagne, comme celui qui provient d'autres localités, ne fond que sur les bords et dans la pince de platine.

L'on trouve dans le gabbro, en mélange accidentel, du mica brun de tombac, de la pyrite de fer et du fer titané, mais toujours en petite quantité. L'on rencontre plus fréquemment, dans quelques variétés, de la serpentine, mais seulement là où cette roche forme elle-même avec le gabbro des masses considérables. La cassure transversale

---

persthène, différent de ce qu'a publié Berzélius dans son Traité du chalumeau. Je pense que cet auteur n'avait point soumis à ses recherches de véritables fragmens de ces minéraux, quoiqu'il dise avoir reçu les échantillons d'Hauy.

(1) Sur l'hypersthène et la siénite hypersthénique de la Valteline, par M. Necker, Bulletin universel, *tome XLII*, p. 123.

du diallage a pour l'aspect une grande ressemblance avec celle de la serpentine, en sorte qu'on peut être conduit à le croire plus abondant qu'il n'est réellement, ou à en méconnaître tout-à-fait sa présence (1).

Le gabbro proprement dit est aussi rare dans l'Oural que l'hypersthenfels bien prononcé, quoiqu'on y trouve très fréquemment une sorte de porphyre formé de serpentine empâtant du diallage. L'on trouve un gabbro bien tranché et à très gros grains à Neurode, en Silésie; il est composé de labrador blanc-grisâtre transparent, et de diallage vert-olive. Une très belle variété provient d'Ayavaca au Pérou, et est composée de diallage gris-verdâtre, formant l'élément dominant de la roche; et d'un peu de labrador blanc-verdâtre translucide. L'on trouve un mélange très remarquable de serpentine èt de gabbro près de Florence et de Briançon.

§ V. Porphyre augitique.

Le porphyre augitique est formé d'une pâte renfermant des cristaux de labrador et d'augite.

La pâte est ordinairement colorée en vert ou gris foncé, comme celle du porphyre dioritique: souvent elle a une teinte plus sombre et ressemble fort au basalte, quoiqu'elle puisse aussi parfois être d'une nuance très claire. Sa dureté est en général la même que celle de la pâte du porphyre diori-

(1) La présence de la serpentine dans le gabbro, et la ressemblance de sa cassure avec celle dû diallage, ont fait penser que la serpentine était un gabbro à grains fins; cette opinion ne peut plus se défendre depuis les nouvelles recherches chimiques faites sur ces substances.

tique, mais sa fusibilité est moindre : ordinairement on ne parvient au chalumeau et en se servant des pinces de platine qu'à la fondre sur les bords en un verre vert-noirâtre. Réduite en poudre fine, elle se dissout, mais avec beaucoup de peine, dans l'acide muriatique avec précipitation de silice; la dissolution contient de l'alumine, un peu d'oxide de fer et beaucoup de chaux. Il est à présumer qu'elle renferme de la magnésie et quelque alcali.

Les cristaux de labrador sont analogues à ceux de feldspath: ce sont des prismes hexaëdres presque symétriques, qui souvent, par suite de l'extension des faces (M), correspondant aux secondes faces de clivage, ont acquis une si grande largeur, que dans une cassure transversale ils offrent l'apparence de minces raies. Les cristaux sont toujours mâclés, et les faces (P) de plus facile clivage, portent l'angle rentrant qui caractérise cette substance. Cependant les faces de clivage sont rares et ne se voient que sur les cristaux aussi purs et aussi translucides que les cristaux d'albite dans la plupart des porphyres dioritiques; le plus souvent ils sont très peu translucides, et la cassure en est mate et à petites esquilles. La couleur est tantôt un blanc de neige, tantôt un blanc verdâtre ou grisâtre. Les dimensions des cristaux sont variables : les plus gros que j'aie trouvés provenaient du porphyre augitique de Ajatskaja, 130 werstes au nord de Katharinenbourg, dans l'Oural : sur une largeur assez considérable, ils avaient une largeur de plus d'un pouce; mais très fréquemment on n'en trouve que de petits et d'indistincts. Dans ce dernier cas, ils ressortent très peu sur la masse, qui est alors ordinairement de couleur claire, et n'est guère plus foncée que les cristaux

de labrador. Il serait toujours difficile d'y reconnaître le labrador, si l'analogie de la roche avec des porphyres augitiques mieux tranchés ne rendait cette conjecture très probable.

Les gros cristaux de labrador d'Ajatskaja se laissent facilement extraire de la masse. J'ai trouvé que leur pesanteur spécifique était de 2,730. Porphyrisés et fondus avec de l'hydrate de baryte, ils se laissent attaquer, mais très difficilement, par l'acide muriatique; j'y ai trouvé de la silice, de l'alumine légèrement ferrugineuse, de la chaux et de la soude, comme dans tous les autres labradors.

Les cristaux d'augite ont la forme qu'ils affectent ordinairement quand ils sont engagés dans une roche; ce sont des prismes *verticaux* rhomboïdaux de 88°, portant des troncatures sur les arêtes latérales, aiguës et obtuses, et terminés aux extrémités par les faces d'un prisme rhomboïdal oblique de 120°. Ils sont clivables dans le sens des faces du prisme vertical, et des troncatures sur les arêtes latérales; les faces de clivage sont plus nettes que pour les cristaux d'augite empâtés dans le basalte, mais beaucoup moins que pour ceux d'amphibole. Ils sont à la surface tantôt unis, tantôt mates et légèrement striés, parallèlement aux arêtes du prisme. Dans le premier cas, ils tiennent fortement à la pâte; ils y adhèrent un peu moins dans le second, s'en détachent souvent quand on casse la roche et y laissent leur empreinte. Ils sont verts depuis le vert d'herbe jusqu'au vert noirâtre; ordinairement ils n'ont point une grande translucidité. Ils fondent au chalumeau difficilement, et sur les bords seulement: il y a bouillonnement, et on obtient un verre vert.

Souvent les cristaux engagés dans les porphyres augitiques présentent la forme de l'augite, mais n'ont que deux sens de clivage, qui représentent, pour la position, les faces d'un biseau sur les arêtes aiguës du prisme rhomboïdal de 88°, et se coupent sous l'angle de 124°, comme les faces de clivage dans l'amphibole. Ce sont les cristaux que j'ai nommés ouralite, à cause de leur abondance aux monts Ourals, et que j'ai décrits dans les Annales de Poggendorf, tome XXXI, page 609. Je les considère comme des cristaux d'augite, qui, tout en conservant leur forme extérieure, se sont changés en amphibole. Ils sont d'un vert noirâtre. Les faces de clivage portent de fines stries, disposées parallélement à l'axe du prisme, et ont un aspect filamenteux particulier. Les faces du cristal sont striées plus fortement et mates. De minces esquilles, tenues dans la pince de platine, ont fondu au chalumeau sans bouillonnement, en un verre vert-noirâtre, moins compacte que l'augite.

Quelquefois les cristaux d'ouralite renferment encore un noyau d'augite, d'une couleur plus claire, tirant sur le vert d'herbe, et dont les faces de clivage sont parallèles aux faces extérieures du cristal. Le mode d'association de l'amphibole avec l'augite est donc le même ici que celui de l'amphibole avec l'hypersthène et le diallage dans l'hypersthenfels et le gabbro : il est par conséquent probable que l'amphibole qu'on trouve dans ces dernières substances est également de l'ouralite, ce qu'on ne peut du reste jusqu'à présent mettre hors de doute, parce qu'on n'a pas encore trouvé à cet état d'amphibole régulièrement terminé. L'association de l'augite et de l'ouralite s'observe très nettement dans le porphyre augitique de Mulda-

kajewsk, près Miask, dans l'Oural. Quelquefois aussi, comme dans le porphyre augitique de Nicolajewsk, l'on trouve des cristaux très nets d'augite, souvent associés par la surface à de petits prismes d'amphibole, ou, si l'on veut, transformés en ces derniers.

L'on ne rencontre accidentellement dans les porphyres augitiques que la pyrite de fer, en parties très fines. Quant aux quartz en cristaux et en grains, ou à l'amphibole proprement dit avec sa forme et son clivage caractéristiques, on en trouve aussi peu dans ces porphyres que dans l'hyperstenfels et le gabbro.

Quant aux proportions relatives des élémens, il en est pour le labrador et l'augite du porphyre augitique comme pour l'albite et l'amphibole du porphyre dioritique. L'on trouve des porphyres augitiques qui contiennent les deux élémens en proportions sensiblement égales : mais ce sont les plus rares. On en trouve plus souvent d'autres dans lesquels le labrador ou l'augite (et en sa place l'ouralite), forment l'élément dominant de la roche. Les cristaux d'augite, dans les porphyres où domine cette substance, sont ordinairement disposés l'un par rapport à l'autre d'une manière tout irrégulière. Il n'en est pas de même pour les cristaux de labrador dans les porphyres où il domine. Ils présentent dans leur disposition une espèce de régularité : leurs larges faces latérales, ou au moins leurs axes principaux, sont parallèles (porphyre aciculaire de la Norwége méridionale), en sorte que si l'on casse la roche perpendiculairement aux axes principaux des cristaux, ces derniers présentent à la surface de cassure comme l'apparence d'aiguilles, tandis qu'ils

produisent une cassure à grandes lames si la roche se brise dans le sens de leurs larges faces latérales.

La pâte du porphyre augitique offre quelquefois l'aspect d'un mandelstein. Les cavités bulleuses, qu'elle présente alors, renferment assez souvent du quartz qui, du reste, comme nous l'avons déjà dit, ne se montre jamais en cristaux ou en grains dans la masse même (porphyre augitique de Holmestrand, dans la Norwége méridionale, et porphyres à labrador verts antiques). On y trouve en outre de la zéolite, de la chaux carbonatée (Tyrol), ainsi que de la pistazite (Tyrol et rivière de Tscharysch dans l'Altaï).

Les variétés de porphyre augitique, où l'on ne trouve que de l'augite ou de l'ouralite, ne se cassent qu'avec la plus grande difficulté (porphyre de Muldakajewsk, près Miask, dans l'Oural, contenant des cristaux d'ouralite avec noyau d'augite.)

Le porphyre augitique de Muldakajewsk fondit dans un creuset de platine au four à porcelaine, en un verre gris-noirâtre, transparent, dont les bords, dévitrifiés sur une épaisseur d'une ligne, étaient gris-verdâtres, opaques et très fibreux.

Dans un creuset brasqué et au four à porcelaine, les porphyres augitiques de Motawaja, Cavellinskj et Nicolajewsk ont fondu en une masse opaque, d'un blanc jaunâtre ou grisâtre. A la partie inférieure s'était rassemblé un culot de fer renfermant du titane rouge de cuivre. En fondant du serpentino verde antico, on a obtenu un semblable culot de fer titanifère.

Le porphyre augitique se trouve parmi toutes les roches qu'on désigne ordinairement sous le nom de grunstein. Mais nulle part peut-être il ne

se montre en plus grande abondance, et sous des aspects plus variés que dans les monts Ourals. La présence du fer oxidulé qui l'y accompagne lui donne dans cette localité un intérêt tout particulier. De grandes montagnes, entièrement magnétiques, comme le Blagodat près Kuschwa, la Wissokaja Gora près Nischne-Tagilsk, le Katschkanar près Nischne-Turinsk, sont entourées par le porphyre augitique, et semblent s'être fait jour à travers cette roche. La majeure partie de ces porphyres sont à augite ou à ouralite; ceux qui contiennent du labrador sont plus rares dans l'Oural. Ces derniers se rencontrent pourtant au village d'Ajatskaja, au nord de Katharinenburg: la pâte est d'un blanc grisâtre ou jaunâtre; les cristaux de labrador sont nettement terminés: les dimensions en sont très diverses, et, comme on l'a déjà dit, peuvent être très considérables; l'augite y est en petite quantité; on les polit aux ateliers de Katharinenburg.

D'autres belles variétés proviennent de l'Altaï, et particulièrement de la rivière de Tscharysch. Elles surpassent encore en beauté celles de l'Oural, présentent du labrador également blanc et nettement terminé, et en outre une assez grande quantité d'augite vert noirâtre, plusieurs variétés de pâte d'un plus beau vert poireau, de la pistazite en petites amandes rayonnées, et ordinairement enveloppées d'une couche de quartz.

Parmi les porphyres labradoriques les plus remarquables d'autres contrées, il faut ranger le serpentino verde antico, que taillaient les anciens. La pâte en est d'un beau vert poireau : les cristaux de labrador sont assez gros, mais toujours colorés en blanc verdâtre. On y trouve de la pyrite

de fer disséminée çà et là en parties fines, quelquefois du quartz en petites amandes, ainsi que de la pistazite en veinules.

Les plus belles variétés d'Allemagne se trouvent au Hartz; il s'y voit en place, ainsi qu'entre Elbingerode et Rübeland, entre Blankenburg et Hüttenrode; le Mühlthal entre Rübeland et Elbingerode, contient aussi une multitude de fragmens roulés de ce même porphyre. La pâte est d'un vert noirâtre, et quelquefois d'un brun rougeâtre, couleur due à un commencement de décomposition. Les cristaux y sont blancs ou blanc-verdâtres. On y trouve aussi de petits noyaux arrondis de chaux carbonatée disséminés dans la pâte.

Les porphyres qui contiennent sensiblement parties égales de labrador et d'augite, se trouvent au petit *Blagodat*, près Kuschwa, dans l'Oural, et mieux encore près Dillenburg (Nassau). Là, la pâte est gris-noirâtre, les cristaux de labrador blanc-grisâtres et peu translucides, les cristaux d'augite vert-noirâtres éclatans, à cassure presque conchoïde. C'est encore à cette variété qu'appartient le porphyre aciculaire de la Norwége méridionale, décrit par M. de Buch, et où l'on trouve de l'augite, quoique cette substance puisse aussi y manquer, comme dans les environs de Christiania. Les porphyres, qui ne contiennent que de l'augite, ou dont l'augite forme l'élément principal, se montrent aux monts Ourals, particulièrement aux lavages d'or de Nicolajewsk, près Miask, et dans les environs de Nischne-Tagilsk. Dans les porphyres de la première localité, les cristaux d'augite sont gros et d'un vert d'herbe : ils se laissent facilement extraire de la pâte, et y laissent

des empreintes à surface unie; à Nischne-Tagilsk, ils sont plus petits, d'un vert noirâtre plus sombre, ont plus d'éclat, et tiennent fortement dans la pâte. Le porphyre augitique de Tisenz, en Tyrol, ressemble beaucoup à celui de Nicolajewsk : ceux de Steben, dans le Fichtelgebirge et l'Holmestrand (Norwége méridionale), ont une pâte plus foncée; les cristaux, au Fichtelgebirge, sont d'un vert pistache et peu abondans: dans l'Holmestrand ils sont noir-verdâtres, très abondans, et donnent à la masse un aspect qui a quelque analogie avec celui du basalte.

Les porphyres à ouralite caractérisent particulièrement l'Oural, où ils sont plus abondans que les porphyres à augite. Parmi les variétés les plus remarquables, nous citerons ceux des lavages d'or de Cavelliskj près Miask, et du village de Mostowaja près Katharinenburg. La pâte du premier est gris-verdâtre, dure, sans labrador. Les cristaux d'ouralite y sont abondans, et fortement engagés dans la pâte : l'on trouve çà et là de la pyrite de fer. La pâte du porphyre de Mostowaja est plus claire, et se laisse presque rayer au couteau; les cristaux d'ouralite sont moins fortement engagés dans la pâte. La pâte contient du labrador en petits cristaux, qu'on ne peut guère discerner qu'en mouillant la roche. Il existe une grande ressemblance entre ce porphyre et celui qu'on rencontre au lac Baltyn, à 35 werstes de Katharinenburg, et qu'Hermann nomme *baltynite*. L'on trouve à Muldakajewsk, près Miask, de très beaux porphyres à ouralite, avec noyau d'augite.

Les porphyres à ouralite paraissent être plus rares dans les autres chaînes de montagnes; j'en

ai pourtant trouvé dans plusieurs endroits, et particulièrement en Tyrol : par exemple, au Travignolo à Predazzo, où le porphyre ressemble à s'y méprendre à celui de Cavellinskj dans l'Oural. Le porphyre à ouralite se trouve aussi à Mysore, aux Indes orientales, à en juger par un échantillon du musée royal à Berlin. Le docteur Ratzeburg en a trouvé à Neustadt parmi les fragmens roulés de la Marck. La pâte est d'un vert-noirâtre assez sombre : les cristaux d'ouralite y sont petits, mais nets et distincts.

Telles sont les grandes divisions qu'il me semble convenable d'établir pour les grunsteins, roches qui sont caractérisées par l'analogie de leur gisement, puisque la plupart du temps elles se trouvent dans ce qu'on nomme les schistes primitifs ou de transition, et particulièrement dans le schiste talqueux, le schiste chlorité, et le schiste argileux comme aux monts Ourals, ou dans le schiste argileux et la grauwacke, comme au Harz et au Fichtelgebirge. Je n'ai point étendu mes recherches à d'autres roches plus anciennes ou plus récentes, qui offrent assez d'analogie avec les roches dont nous nous sommes occupés, pour qu'on puisse à peine les en distinguer à la vue d'échantillons de cabinet. Le diorite a beaucoup de ressemblance avec la syénite; mais la syénite est un mélange de grains de feldspath et d'amphibole ordinairement noir, où l'albite ne se trouve qu'accidentellement ; elle se distingue encore du diorite, en ce qu'elle se trouve ordinairement avec le granite, ou les porphyres rouges. L'hypersthenfels ressemble beaucoup à la dolérite, qui est

un mélange de grains de labrador et d'augite noir, et qui accompagne le basalte. Le porphyre augitique même rappelle le basalte; car, bien que la pâte du basalte soit plus foncée et contienne de l'augite également noir pour l'ordinaire, et en outre de l'olivine et de l'amphibole, la couleur de la pâte et des cristaux d'augite est souvent très foncée dans beaucoup de porphyres augitiques, et réciproquement il existe beaucoup de véritables basaltes contenant de l'olivine et de l'augite d'un vert très clair. L'amphibole est rare dans les basaltes, et ne s'y trouve même point généralement; l'olivine est inconnue jusqu'ici dans les porphyres augitiques, mais elle se voit très distinctement en mélange accidentel dans des hypersthenfels qui se rapprochent de ces porphyres. Des laves plus récentes encore offrent souvent une ressemblance extraordinaire avec le porphyre augitique : telles sont celles du Vésuve, qui ne contiennent que de l'augite vert, et celles de l'Etna, qui renferment de l'augite et du labrador. Existe-t-il entre ces roches une véritable différence minéralogique, et, si elle existe, en quoi consiste-t-elle? Ces questions demandent des recherches ultérieures.

NOTICE

Sur les creusets-puisards des hauts-fourneaux, et particulièrement sur ceux des forges du Bas-Rhin;

Par M. VOLTZ, Ingénieur en chef des mines.

Inconvéniens du puisage direct dans les creusets.

On sait combien l'opération de puiser la fonte dans les creusets des hauts-fourneaux, pour couler les moulages, est pénible, et combien elle porte préjudice à la bonne allure des fourneaux. Il en résulte d'abord du temps perdu pour le fondage, parce qu'on est obligé d'arrêter la machine soufflante, ou d'en intercepter le vent pendant tout le temps où l'on puise de la fonte, et pendant le nettoyage du creuset; ensuite on ne peut pas souffler immédiatement après la coulée avec la même force qu'avant la coulée, sans risquer de faire arriver devant la tuyère des minerais refroidis et non fondus.

Le nettoyage est toujours une opération qui dure au moins une demi-heure, et qui, non-seulement refroidit le fourneau, mais dérange encore la marche régulière du fondage, puisque, en soutirant les laitiers, on retire en même temps des charbons et de la mine, et l'on occasionne ordinairement un petit éboulement de matières non fondues. En effet, pour pouvoir puiser la fonte au moyen de poches ou cuillers dans l'avant-creuset, ainsi que cela se pratique ordinairement pour l'opération du moulage, on est obligé

de débarrasser complétement le bain de fonte des laitiers surnageans, et de retenir, au moyen d'un tampon en scories figées et de bouchons en argile, les laitiers, charbons et mines qui tendent à s'écouler de l'intérieur du fourneau. On suspend l'action des soufflets, non-seulement pour pouvoir exécuter ce travail, mais encore pour éviter la formation de nouveaux laitiers et la poussée qui ferait arriver toutes les matières sur le bain de fonte dans l'avant-creuset.

Ces interruptions, qui sont déjà très nuisibles pour la marche de tout haut-fourneau, le sont bien plus encore quand on emploie le vent chaud, et quand c'est de la flamme du gueulard dont on se sert pour chauffer le vent, car ces arrêts produisent nécessairement alors un refroidissement de l'appareil qui chauffe le vent, en sorte que le refroidissement qu'éprouve l'ouvrage par ce travail est bien plus considérable pour les fourneaux marchant au vent chaud que pour ceux qui marchent au vent froid.

Il faut ajouter encore à ces inconvéniens celui de la perte de fonte qui résulte des grenailles qui restent engagées dans les laitiers de travail, et qu'on ne retire pas en totalité par le bocardage; ces grenailles ne sont d'ailleurs jamais un produit aussi avantageux que la fonte obtenue directement.

L'administration de la fonderie de Malapane, en Silésie, a cherché à éviter ces inconvéniens par le moyen d'un bassin ou puisard (*schöpfheerd*), construit en avant de la costière et à côté de l'avant-creuset; ce puisard reçoit la fonte de celui-ci par le moyen d'un canal de communication, et les mouleurs puisent le métal liquide dans ce bassin.

Ce nouveau procédé a été mis en usage en 1828 dans cette usine ; il a été décrit avec beaucoup de détails dans deux art. des *Archives de Karsten*, de 1832 et 1834. M. Gruner a donné un extrait du 1er article dans les *Annales des mines*, 3e série, T. VI, p. 31.

Creuset-puisard de Wasseralfingen.

En 1830, le même procédé a été introduit dans la fonderie de Wasseralfingen, où il a donné également d'excellens résultats. Dans un grand nombre d'autres usines de l'Allemagne, on a imité depuis cet exemple, et le plus souvent avec un grand succès. Dans plusieurs usines de France, on a cherché à introduire également ce procédé, mais on n'a pas réussi faute d'avoir employé les précautions nécessaires, c'est ce qui m'a engagé à rédiger avec beaucoup de détails la présente notice, qui paraît renfermer l'indication de la plupart de ces précautions.

Le puisard de Wasseralfingen est fait en terre grasse réfractaire non cuite, mélangée de la même terre réfractaire déjà cuite et bien pulvérisée. C'est une espèce de creuset rond et sans fond, que l'on place auprès de l'avant-creuset du fourneau sur une sole faite également en terre grasse réfractaire bien battue, et qui forme son fond.

Ce creuset, dont la masse est épaisse de 0^{m},011 environ, a une hauteur de 14 pouces de Würtemberg (0^{m},40), son diamètre est de 16 pouces (0^{m},46) dans le haut, et de 13 pouces (0^{m},37) environ dans le bas. Son fond se trouve à 3 pouces (0^{m},09) plus bas que celui de l'avant-creuset du fourneau, il est placé à côté de l'une des costières et de l'avant-creuset ; sa distance à ce dernier est de 9 pouces (0^{m},26). La communication qui réunit le puisard à celui-ci est un canal légère-

ment incliné, allant de la sole du creuset à celle du bassin; il a par conséquent une pente de 3 pouces sur une longueur de 9 pouces; sa forme est celle d'un cylindre coupé par un plan passant par l'axe. La partie plane forme la sole du canal dont la largeur est 3 pouces et la hauteur de 1 $\frac{1}{2}$ pouce à 2 pouces. Ce puisard est encaissé dans un massif de terre grasse placé dans l'encoignure entre la costière et la maçonnerie de l'embrasure antérieure du fourneau.

Conduite de ce puisard.

Lorsqu'on veut se servir d'un tel creuset ou bassin, on le dessèche bien à un feu très doux; puis on le met en place dans l'excavation creusée à cet effet à côté de l'avant-creuset, et on le chauffe de plus en plus avec des charbons ardens.

Le canal qui le fait communiquer avec l'avant-creuset est rempli d'abord de brasque, laquelle ne tient pas très long-temps, la grande chaleur de la fonte dans l'ouvrage lui enlève toute sa cohérence; la pression du métal et sa fluidité le font pénétrer peu à peu dans la brasque devenue incohérente et elle finit par se dissiper entièrement; alors la fonte arrive dans le puisard qui, n'ayant pas pu prendre la chaleur du creuset, refroidit un peu le métal et le rend moins fluide; aussi a-t-on soin de reverser les premières portions de fonte dans l'avant-creuset du fourneau; par ce moyen il arrive toujours de nouvelle fonte chaude, et celle qui commence à se refroidir étant toujours enlevée, le puisard prend bientôt une température qui approche plus ou moins de celle de l'avant-creuset; mais pour cela il faut que le canal soit bien libre, afin que le métal puisse pénétrer promptement dans le bassin.

Dans le commencement d'un fondage, on a

toujours soin de ne se servir du puisard que quelques semaines après la mise en feu, lorsque l'avant-creuset a déjà pris une grande chaleur et que la fonte est bien liquide, autrement on risquerait qu'elle se figeât. Il arrive même, après cette époque, que la fonte devient quelquefois épaisse et se fige; alors il faut chercher à réchauffer le fourneau, s'il est refroidi; mais surtout il faut reverser très fréquemment dans le creuset le métal épaissi du bassin extérieur, lequel se remplace par de la fonte plus chaude de l'ouvrage. Quand le métal du canal de communication commence à s'épaissir, il faut reverser en même temps de la fonte de l'avant-creuset dans le puisard. On est déjà parvenu par ce moyen à rétablir parfaitement un puisard qui semblait perdu.

Il est clair que la surface du bain dans ce bassin doit toujours être couverte de charbons ardens, autrement elle se figerait. Il faut aussi l'examiner de temps en temps pour voir si elle n'a pas une tendance à s'épaissir; dans ce cas, on brise la légère croûte qui s'est formée, et l'on reverse dans le fourneau la portion de la fonte qui devient épaisse, afin d'en faire arriver de plus chaude et de plus liquide. On sent bien que l'emploi du vent chaud offre de grandes chances de succès à l'usage des puisards, parce que son effet consiste à augmenter considérablement la chaleur de l'ouvrage, et par conséquent celle de la fonte et sa liquidité.

On comprend aisément que la fonte subissant toujours un certain refroidissement dans le puisard, le métal n'a plus autant de force pour tenir en dissolution le carbone, qu'il en avait pendant qu'il se trouvait encore dans le fourneau, en sorte

que quand il n'est pas très chaud, et qu'il est en même temps très chargé de carbone ayant une tendance à se dégager, il se forme ordinairement beaucoup de graphite dans le puisard. Dans quelques usines travaillant au vent froid le puisard n'a pas réussi, parce que le dégagement du graphite était par trop abondant. Sous ce rapport, l'emploi du vent chaud offre encore un grand avantage, puisque la fonte obtenue par le vent chaud a plus de liquidité et plus de chaleur, et qu'elle se fige par conséquent plus lentement que celle obtenue au vent froid; par sa nature même elle paraît d'ailleurs moins sujette à dégager du graphite.

Depuis l'établissement des puisards à Wasseralfingen, on moule toutes les trois heures, et l'on a pu augmenter le nombre de charges par vingt-quatre heures. Ce changement a dû produire aussi une économie de combustible, puisque les refroidissemens, qu'occasionait l'ancienne méthode de puiser la fonte dans l'avant-creuset, n'ont plus lieu.

Ces puisards durent assez long-temps, mais il faut avoir soin de les nettoyer et réparer toutes les semaines. Cette opération se fait quand on nettoie l'ouvrage du fourneau; on enlève alors toutes les croûtes qui s'y sont attachées, et l'on a soin de mettre de la terre grasse dans les fissures.

Ayant indiqué le procédé de Wasseralfingen à MM. les propriétaires et directeurs des forges du Bas-Rhin, dès mon retour du Würtemberg, en mai 1833, ils se sont empressés de l'introduire avec quelques modifications dans leurs usines.

Un premier puisard a été établi auprès du four-

neau de Niederbronn; plus tard on en a établi un deuxième auprès de celui de Zinswiller; puis un troisième à celui de Jägerthal; dans les trois usines on a obtenu de fort bons résultats. MM. Robin et Engelhard, métallurgistes d'un haut mérite, directeurs, l'un de l'usine de Niederbronn, et l'autre de Zinswiller, distingués tous deux par leur instruction scientifique autant que par leurs connaissances pratiques, ont bien voulu, avec la plus grande obligeance, me fournir des renseignemens détaillés sur ce que l'expérience de plus d'une année leur a appris à ce sujet, et c'est dans ces communications que j'ai principalement puisé les faits et les observations qui vont suivre.

Premier puisard de Niederbronn.

Le premier puisard établi auprès du fourneau de Niederbronn avait été construit en briques réfractaires non cuites, que l'on pouvait tailler à volonté sans beaucoup de peine; les dimensions de ce puisard étaient les mêmes à peu près qu'à Wasseralfingen.

On l'avait placé à 18 pouces de l'avant-creuset, il communiquait avec celui-ci par un canal large et haut de 3 pouces. Un mandrin en bois de pin avait servi à la construction de ce canal, qui était fait en terre grasse battue à l'entour de ce mandrin. On a laissé ce dernier dans le canal, afin de retenir la fonte jusqu'au moment où le puisard serait assez chaud pour la recevoir sans qu'on risquât de la voir se figer. Celui-ci a été chauffé ensuite pendant trois jours au moyen de charbons embrasés, le mandrin s'est carbonisé pendant ce temps, mais lorsqu'on a voulu faire arriver la fonte, on a eu beaucoup de peine à le dégager; on a bien pu le briser, mais il en est resté quel-

ques parties, en sorte que la fonte ne pouvait passer que lentement de l'avant-creuset dans le puisard; bien que l'on eût pris soin de puiser de la fonte toutes les deux heures dans ce dernier, pour en faire arriver de plus chaude de l'intérieur du fourneau, la fonte s'est cependant épaissie, l'engorgement est devenu complet après quinze heures de travail, et a nécessité la reconstruction du bassin.

En le reconstruisant, on a eu soin de le placer à un pied de distance seulement du fourneau, afin de le tenir plus chaud et d'avoir moins d'embarras avec le canal de communication. Du reste, les mêmes matériaux et les mêmes dimensions ont été employés, mais le canal a reçu une largeur de 6 pouces sur une hauteur de 5. Comme la première fois, on a bouché avec un mandrin en bois, et l'on a eu la même difficulté avec le charbon de ce mandrin, qu'il n'a pas été possible de retirer complétement. Ce mode était cependant indiqué, dans le rapport de M. Wachler sur le puisard de Malapane, comme ayant bien réussi; mais à Wasseralfingen on avait déjà préféré de boucher ce canal avec de la brasque. La communication avec le fourneau s'étant de nouveau trouvée trop embarrassée, on a recommencé la construction une troisième fois.

Toutes les dimensions de la deuxième reconstruction ont été conservées; seulement le canal a été bouché avec du fraisil humecté et bien tassé, et afin qu'il ne fût pas repoussé par la pression du métal, on a fermé l'entrée du canal dans le bassin avec une petite plaque de fonte, maintenue elle-même au moyen d'un petit étançon en fer. De cette façon on a été maître de laisser arriver

la fonte à volonté ; l'on a parfaitement réussi alors à dégager le canal de toute la brasque, et le puisard a bien fonctionné.

Pour retirer le plus grand avantage possible de ce puisard, il faut y puiser de la fonte au moins quatre fois par jour ; on a chaque fois un peu de déchet résultant de l'enlèvement d'une petite couche de fonte pâteuse, qui se forme sous le frasil avec lequel on tient le bain couvert après la coulée. Au vent froid cette couche était souvent très graphiteuse ; elle est d'autant plus épaisse et plus graphiteuse que les coulées sont plus rares.

Les premières poches que l'on retire ne sont souvent pas assez chaudes pour les moulages, on les reverse alors dans l'avant-creuset. Ce léger inconvénient se présente plus rarement au vent chaud qu'au vent froid. Les fontes obtenues au vent chaud ont même quelquefois trop de chaleur, et le puisard a alors l'avantage de remédier un peu à cet inconvénient.

Le puisard permet en outre de couler à toutes les heures sans avoir recours au nettoyage de l'ouvrage ; cette opération donnait anciennement lieu à autant de déchet à peu près, que l'écumage du bassin en occasionne aujourd'hui ; mais comme cette méthode fait gagner encore tout le temps perdu pour le fondage, il en résulte que l'on fera maintenant vingt-six à vingt-sept charges au fourneau de Niederbronn, pendant les vingt-quatre heures, tandis qu'avant l'emploi du puisard on n'en faisait que vingt-quatre pendant ce temps.

Un autre avantage assez important qu'offrent encore les puisards consiste en ce qu'ils diminuent de beaucoup le travail du fourneau ; car, faisant évi-

ter de grandes pertes de chaleur, ils la concentrent davantage dans le creuset : ils permettent en outre de mieux boucher l'avant-creuset. Depuis leur emploi, il suffit souvent de passer le ringard au fourneau une fois toutes les douze heures, surtout quand on travaille au vent chaud. Sous ce rapport, la suppression de la flamme de la tympe avait déjà rendu de bons services aux fourneaux du Bas-Rhin, avant l'emploi du puisard.

On a construit à Niederbronn, en janvier ou février 1834, un nouveau puisard en briques réfractaires cuites, qui avaient été préparées pour la chemise du haut-fourneau; leur épaisseur était de 8 pouces et leur largeur de 15 pouces au moins; de cette façon, le puisard avait peu de joints, condition qu'il fallait remplir, puisque les fentes qui se forment dans la paroi qui sépare le bassin du creuset le détériorent en peu de temps; elle se fond alors plus promptement et les laitiers pénètrent dans le puisard par les fissures élargies.

Deuxième puisard de Niederbronn.

On a donné à cette paroi un pied d'épaisseur; elle se fond assez promptement quand elle est trop mince; mais avec cette épaisseur la liquidité de la fonte se soutient bien, si l'on s'est tenu dans les conditions voulues pour les dimensions du canal.

Celui-ci a été bouché comme antérieurement avec de la poussière de charbon légèrement humectée et bien tassée; mais au lieu de retenir cette brasque dans l'intérieur du bassin au moyen d'une petite plaque de fonte, on a rempli tout le puisard avec de la brasque tassée et chargée de quelques poids pour opposer une résistance à la poussée de la fonte liquide. Depuis on n'a pas

employé d'autre procédé. Ce procédé a été suivi constamment aussi à Zinswiller, où il a donné également de fort bons résultats.

Au bout de trois jours les parois étaient rougies par la chaleur du creuset; on a retiré alors sans peine la brasque, et le puisard a bien fonctionné pendant huit mois, jusqu'à la mise hors feu du fourneau, sans qu'il ait été nécessaire d'y faire aucune réparation. Pendant les deux premiers mois de l'existence de ce puisard, le fourneau marchait encore au vent froid, mais il a continué à bien fonctionner encore pendant six mois avec le vent chaud.

A la suite de dégradations survenues au trou de la coulée, les laitiers se sont plusieurs fois introduits dans le puisard, mais ils n'ont donné lieu à aucun embarras; ils se sont élevés à mesure que la fonte y montait, et on les a retirés sans aucune peine à l'état de disques, quand leur surface se refroidissait; cependant l'entrée du laitier donne lieu à de graves inconvéniens en corrodant le canal, et il faut l'éviter autant que possible.

Vers la fin de cette campagne, lorsque le canal du puisard était déjà assez fortement élargi, il est arrivé un accident qui mérite d'être mentionné. A la suite d'un refroidissement survenu au haut-fourneau, la fonte du puisard s'était prise en masse. On a voulu le rétablir en cherchant à briser la fonte que l'on supposait figée superficiellement : toutes les peines furent inutiles. Mais en entretenant du charbon embrasé sur le puisard, il se dégorgea peu à peu de bas en haut, et au bout de trois jours il fonctionna comme auparavant.

Troisième puisard de Niederbronn.

Lors de la dernière mise en feu du fourneau de Niederbronn, qui a eu lieu le 20 septembre 1834, on a construit le puisard en même temps qu'on a placé la dame. On l'a fait, non plus en briques comme auparavant, mais avec un mélange formé de parties égales d'argile réfractaire et de sable bien mêlés et légèrement humectés. On a fortement tassé cette masse autour d'une caisse conique ayant la forme intérieure du puisard. La voûte du canal était faite avec une brique réfractaire. Comme les pierres du fourneau ne se sont chauffées que très lentement, on n'a pu déboucher le canal qu'après quinze jours de feu. Cette opération a présenté des difficultés parce que le canal s'était bouché vers l'intérieur du fourneau, soit par une croûte de crasse, soit par de la fonte qui s'était infiltrée et figée dans la brasque, et l'on n'a pas pu établir une communication assez large entre le creuset et le puisard. La fonte s'est figée alors dans ce dernier, malgré un travail soutenu pendant vingt-quatre heures : il a donc fallu le reconstruire, et à cet effet on a employé le même mélange d'argile et de sable. Au bout de trois jours, le bassin a bien fonctionné.

Toutes les fois qu'on tarde à ouvrir à temps le canal du puisard on est exposé à éprouver l'inconvénient qui vient d'être signalé. On est arrivé au même résultat à la fonderie prussienne de Sayn que M. Robin a visitée pendant l'été de 1834, et où le puisard avait été placé en même temps que la dame.

Ce nouveau puisard de Niederbronn n'a duré que dix semaines; de petites fissures, qui s'étaient formées, dans la masse battue, à la suite du retrait produit par sa cuisson, ont occasioné la dé-

gradation de la paroi au-dessus du canal; peut-être aussi ce canal s'est-il élargi très promptement parce qu'on a laissé s'y introduire trop souvent les laitiers après les coulées des gueuses. Ces laitiers ont dû agir sur les parois comme fondant; en retirant trop souvent les laitiers figés, on a dégradé aussi les parois du puisard; sans ces circonstances, il aurait résisté plus long-temps. Le puisard qui est en activité en ce moment (27 janvier 1835) a été construit en briques cuites comme celui de la campagne dernière du haut-fourneau.

Puisard de Zinswiller.

A Zinswiller, on a établi dernièrement un puisard de forme carrée dans l'angle de la costière avec l'avant-creuset. Les parois de ce puisard sont formées de briques réfractaires ordinaires, et il fonctionne très bien; sa construction est plus facile que celle des puisards ronds.

Un puisard construit en matériaux bien réfractaires peut, sans exiger de réparations majeures, marcher pendant six semaines à deux mois, et même plus long-temps encore; il suffit à cet effet d'en détacher de temps en temps les croûtes de fonte graphiteuse qui se forment à la partie supérieure des parois du bassin; comme elles deviennent de plus en plus épaisses, elles finiraient par empêcher d'y porter les poches pour puiser la fonte, si on ne les enlevait pas. Après plusieurs mois, le canal s'élargit ordinairement trop en hauteur, et laisse passer les laitiers dans le bassin, si l'on n'a pas soin de laisser toujours une hauteur suffisante de fonte dans le creuset. On peut remédier pendant quelque temps à cet inconvénient en appliquant à la partie supérieure du canal de l'argile réfractaire; mais ce moyen finit par devenir insuffisant, et il faut alors reconstruire le

bassin à neuf, ou refaire au moins toute la paroi située contre la costière de l'avant-creuset. On a déjà vu qu'avec les précautions convenables, un bassin peut durer jusqu'à huit mois.

C'est surtout quand la fonte est très grise et graphiteuse, qu'il importe de puiser fréquemment dans le bassin, puisque cette fonte tend surtout à se figer et à former des croûtes dans le puisard; il faut alors puiser au moins toutes les trois ou quatre heures; mais avec une fonte moins grise, et chaude comme celle de Zinswiller, on peut ne couler que toutes les douze ou quinze heures.

Du meilleur mode de construction des puisards.

Le meilleur mode de construction de ces puisards paraît bien être celui de Wasseralfingen, où l'on fait un creuset en matière très réfractaire et peu susceptible de se gercer par la chaleur. Ces creusets se placent très promptement et se retirent très facilement aussi. L'important est d'employer les meilleurs matériaux et les plus réfractaires pour la construction du canal, afin d'en assurer la durée autant que possible. Comme c'est ordinairement cette partie de l'appareil qui se détériore le plus promptement, il importe de la construire, de façon à ce qu'il puisse être raccommodé facilement. Le mieuxsera de faire la voûte de ce canal en briques réfractaires cuites et de jointoyer avec de l'argile réfractaire, en ayant soin de couvrir le tout, mais surtout les joints, avec une masse un peu forte de la même terre.

Quant aux dimensions à donner à ce canal, il sera bon de se rapprocher plus ou moins, selon la nature des fontes, de celles employées à Wasseralfingen et à Malapane, en lui donnant une sole plate et plus de largeur que de hauteur; sa coupe transversale

serait alors à peu près un demi-cercle. Il est clair que moins la fonte d'un fourneau est chaude et liquide, plus il faut augmenter ces dimensions. Il en est de même quand elle a une grande tendance à dégager du graphite. A Rübeland, au Hartz (*Archives de Karsten*, 1832, p. 508), où la fonte s'épaissit très promptement même pendant la meilleure allure du fourneau, la fonte du puisard ne pouvait conserver la fluidité nécessaire, qu'en la tenant couverte d'une couche de laitier, qui arrive du creuset en même temps que le métal; à cet effet, le canal qui ne pouvait pas même fonctionner avec une hauteur de 6 pouces, a été rehaussé de telle façon que son bord supérieur ne se trouve que de quelques pouces au-dessous du sommet de la dame.

La fonte du fourneau de Zinswiller est bien plus liquide et plus chaude que celle de Wasseralfingen. Elle est obtenue avec des minerais phosphoreux qui produisent un fer cassant et une fonte propre à la fabrication de poteries très belles et fort légères. Au fourneau de Niederbronn au contraire on fait des fontes propres à la fabrication d'un bon fer, et des moulages de pièces de mécaniques, qui se distinguent par leur ténacité ainsi que par la facilité avec laquelle elles se liment, et l'on a reconnu dans cette fonderie que les dimensions les plus avantageuses pour le canal sont une largeur de 5 pouces et demi et une hauteur de 4 pouces. La fonte de Zinswiller étant plus liquide que celle de Niederbronn, ces dimensions ont été réduites, et le canal a une forme conique large de 4 pouces, haute de 3 pouces du côté du puisard, et large de 3 pouces, haute de

2 pouces du côté de l'ouvrage, ce qui revient à peu près aux dimensions de Wasseralfingen.

On sent bien qu'il est important de rapprocher le puisard du creuset; à cet effet il est bon que la costière n'avance pas trop; plus le puisard est rapproché de l'avant-creuset et de la costière, moins on risque que la fonte se refroidisse et se fige dans le canal qui le fait communiquer avec le fourneau; mais on ne peut assigner d'une manière générale la distance la plus convenable. A Niederbronn on marche très bien avec une distance de 10 à 12 pouces; à Zinswiller, cette distance est moindre encore; plus les matériaux dont on dispose sont réfractaires et solides, plus on peut la diminuer.

Plus la fonte a une tendance à se figer promptement ou à dégager du graphite, plus il faut rapprocher le puisard de l'avant-creuset et de la costière. Dans un fourneau où les pierres du creuset commencent à être corrodées, cette distance doit être plus grande, que lorsqu'elles sont en parfait état. Quand la fonte du creuset est très chaude et qu'elle n'est pas de nature à s'épaissir promptement, on peut porter cette distance jusqu'à 1 pied.

Le puisard ne gêne nullement quand un fourneau est destiné, comme celui de Niederbronn, à fabriquer en même temps des moulages et des fontes en gueuses. Dans ce cas, on l'établit devant l'une des costières, et à l'autre costière on ménage le trou de la coulée. Afin d'empêcher les laitiers de s'introduire dans le puisard à la fin des coulées et lorsqu'on donne le vent, on a soin d'établir le trou du chio un peu au-dessus du niveau du canal de communication, de manière à ce qu'il reste

assez de fonte dans le fourneau pour tenir toujours le canal rempli de métal.

On a aussi le soin à Zinswiller de faire aller le fourneau en fonte moins grise qu'à l'ordinaire au moment où l'on veut faire arriver le métal dans un nouveau puisard; il est alors plus liquide que s'il marchait en fonte entièrement grise, et l'on risque moins de voir le canal s'engorger. Les dimensions un peu rétrécies du canal ont également alors moins d'inconvénient, et l'on sent que de telles dimensions offrent un avantage en ce qu'elles permettent d'employer le même bassin plus long-temps; car c'est ordinairement par l'élargissement trop grand du canal qu'il devient impropre à un plus long usage.

Précautions à prendre pour l'emploi des puisards.

Au reste, le renouvellement d'un puisard n'occasionne pas une perte de temps notable, et il peut toujours se combiner avec quelqu'autre opération qui nécessite d'arrêter la soufflerie, telle que le nettoyage de l'ouvrage, le renouvellement de la tympe, les réparations aux soufflets, etc. Dans l'espace de 5 à 6 heures le travail peut se faire très facilement, y compris la démolition de l'ancien puisard, à moins que la fonte ne se soit prise en masse dans celui-ci; dans ce dernier cas, le travail est plus long, et on doit le fractionner afin de ne pas arrêter le fourneau trop long-temps.

Dans les fourneaux qui marchent au vent chaud et dont l'appareil pour chauffer le vent est bien disposé, on a encore un autre moyen pour faciliter le commencement du travail au puisard, il consiste à donner au vent, une ou 2 heures auparavant, une chaleur plus forte que celle qu'on lui donne habituellement. La chaleur dans l'ouvrage

augmente alors notablement, ainsi que celle de la fonte et sa liquidité. A cet effet il faut que les ouvertures pour l'entrée de la flamme dans le four qui chauffe le vent et dans la cheminée de ce four, ainsi que les dimensions horizontales et verticales de celle-ci, soient telles que l'on puisse augmenter beaucoup le tirage, qui se règle au moyen d'un registre. La chaleur que l'on doit donner habituellement au vent dépend de bien des circonstances, et principalement de la force de la machine soufflante, de la pression que doit avoir le vent pour bien fonctionner dans le fourneau, et de la nature du combustible que l'on emploie ainsi que de celle des minerais. Une fois que l'on a déterminé la chaleur qui est la plus avantageuse au fourneau dans les circonstances données, on fait bien de s'y tenir habituellement; car en augmentant alors la chaleur on pourrait ralentir notablement la descente des charges, et l'on risquerait d'obtenir des laitiers trop épais et des fontes trop carbonées et trop siliceuses. Mais il est extrêmement avantageux de pouvoir augmenter momentanément, d'une manière prompte et à un degré assez fort, la chaleur du vent, car, dans les premiers temps de ce changement, son seul effet est d'augmenter subitement la température de l'ouvrage et par suite la liquidité de la fonte, ce qui est extrêmement important dans beaucoup de circonstances.

APERÇU

De la richesse minérale de l'empire russe.

(D'après plusieurs notes communiquées par M. TEPLOFF, officier des mines de Russie.)

Le tableau placé à la fin de cette note indique les quantités (1) d'or, de platine, d'argent aurifère, de cuivre, de plomb, de fonte, de sel, de houille et de naphte, extraites en Russie dans les années 1830, 1831, 1832, 1833 et 1834. A défaut de renseignemens plus précis, on ne lira pas sans intérêt quelques détails sur la manière dont ces richesses se trouvent réparties entre les diverses contrées de l'empire.

L'or se trouve au Caucase, dans la Daourie, dans l'Altaï, et principalement dans l'Oural, qui fournit la presque totalité de ce métal précieux. L'or de l'Oural provient soit des mines situées aux environs d'Ekatherinbourg, où l'on connaît dans le schiste talqueux plus de 150 filons, soit des alluvions aurifères, généralement répandues sur la pente orientale de cette chaîne, dans une étendue qui n'a pas moins de 5 à 7 lieues de large et 250 de long. Des circonstances locales très favorables rendent l'exploitation de ces alluvions facile et peu Or.

(1) Les nombres donnés en mesures russes ont été réduits en kilogrammes au moyen des relations suivantes :

1 pud		= $16^k,3592$
1 livre	= $\frac{1}{40}$ pud	= $0^k,40898$
1 solotnik	= $\frac{1}{96}$ livre	= $0^k,00426$

Platine. coûteuse. Le platine y accompagne souvent l'or; mais il existe aussi des alluvions où le platine se trouve en abondance à l'exclusion presque complète de l'or.

Argent. L'argent se trouve au Caucase, dans les montagnes isolées qui dominent les steppes sablonneuses des Kirghiz; dans la Daourie, et principalement dans l'Altaï, où le métal produit, toujours aurifère, forme les $\frac{5}{6}$ de l'argent extrait dans tout l'empire (1).

Cuivre. Le cuivre provient du Caucase, des montagnes situées au milieu des steppes des Kirghiz, de l'Altaï et de l'Oural.

Plomb. L'on trouve du plomb au Caucase, dans les montagnes des steppes des Kirghiz et dans l'Altaï.

Fer. Le fer (2) est exploité au Caucase, dans les départemens qui environnent celui de Moscou, dans les provinces méridionales de la Russie, et principalement dans l'Oural, où l'on trouve des montagnes presque entièrement composées de minerai magnétique. Celle qu'on nomme Grâce-de-Dieu fournit annuellement, depuis un siècle, 11.360.000 kil. de minerai, dont la richesse est moyennement de 57 pour 100 et atteint souvent 70 pour 100.

Zinc. Le caucase, les montagnes des steppes des Kirghiz produisent une certaine quantité de zinc.

---

(1) L'or et l'argent, extraits dans ces diverses localités, sont réunis dans les villes principales, voisines des centres d'exploitation et transportés chaque hiver à la monnaie de Saint-Pétersbourg, où ils subissent l'opération du départ par l'acide sulfurique.

(2) Rendu à Saint-Pétersbourg, le fer coûte 34 francs les 100 kilogr.

L'étain et le mercure ont été découverts en Daourie. **Etain. Mercure.**

Le sel s'extrait en abondance des steppes des Kirghiz. Les régions Transcaucasiennes renferment aussi d'importantes exploitations de cette substance. **Sel.**

La faible quantité de houille exploitée maintenant provient des provinces méridionales de la Russie. **Houille.**

Le naphte est fourni par le Caucase. **Naphte.**

Le Caucase, les départemens environnans celui de Moscou produisent de l'alun et du soufre. **Alun, soufre.**

Les gisemens les plus riches, ou plutôt les exploitations les plus actives, sont situées, dans l'ordre de leur importance, dans l'Oural, dans l'Altaï et dans la chaîne de la Daourie. Le nombre des ouvriers employés aux mines et aux usines surpasse 120.000. Ils forment une classe particulière, recevant du gouvernement solde et provisions, et ayant en outre la jouissance de terres, de prairies et de forêts. Le travail est proportionné à l'âge et à la force des ouvriers; il ne leur est imposé que pour 220 jours par an; les 140 autres leur appartiennent; ils en disposent à leur gré. Les ouvriers restent ainsi attachés au service des mines le même temps que les soldats au service militaire; ce temps est de 30 années, et par conséquent assez long pour leur donner l'habitude de ce genre de travail et le désir d'y consacrer le reste de leur vie.

Nous ajouterons que les montagnes de la Finlande, qui renferment des minéraux intéressans pour la science, fournissent aussi de superbes granites, employés aux monumens de la capitale. La Daourie donne des pierres précieuses; l'Oural **Diverses substances précieuses.**

fournit aussi des jaspes, des marbres et des gemmes, telles que le zircon, l'émeraude et la topaze : on y a même découvert dans ces derniers temps de riches gisemens de diamans.

Tableau du produit des mines de Russie pendant les années 1830, 1831, 1832, 1833 *et* 1834.

SUBSTANCES EXTRAITES.	1830.	1831.	1832.	1833.	1834.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Or.	6.260	6.582	6 916	6.706	6.626
Platine.	1.742	1.767	1.907	1.919	1.695
Argent aurif. .	20.974	21.563	21.454	20.552	20.666
Cuivre.	3.860.696	3.904.533	3.620.201	(3) 3.387.252	(4)
Plomb.	693.478	792.935	688.351	716.500	(4)
Fonte.	182.721.274	180.043.780	162.480.224	(3) 159.113.372	(4)
Sel (1)	342.240.893	(2) 232.821.358	372.776.283	491.862.299	(4)
Houille.	7.863.642	9.774.998	6.596.034	8.227.528	(4)
Naphte	4.253.000	4.253.000	4.253.000	4.253.000	(4)

(1) Le sel exploité dans les contrées Transcaucasiennes ne figure point dans ce tableau.

(2) L'exploitation du sel a dû être réduite en 1831, pour achever d'écouler les produits des années précédentes.

(3) La diminution qu'on remarque en 1832 et 1833 sur la production en cuivre et en fonte provient de ce que les ouvriers, qui se livrent ordinairement à l'exploitation de ces métaux, ont été employés à d'autres travaux.

(4) Lorsque cette note a été redigée, on ne connaissait pas encore les produits relatifs à ces substances pour l'année 1834.

DESCRIPTION

Du filon et des mines de Veta-Grande, près de la ville de Zacatecas, dans l'état du même nom, au Mexique.

Par M. J. BURKART.

Depuis que l'Espagne a perdu les vastes colonies qu'elle possédait sur le continent américain, ces contrées, autrefois interdites aux étrangers, leur sont devenues plus accessibles; toutes les nations ayant maintenant le droit de visiter les ports américains, les relations commerciales entre ces pays et l'Europe sont devenues d'une grande importance. Détails historiques.

Ces relations ne se sont pas bornées à l'échange direct des produits manufacturés des diverses parties de l'Europe contre les produits et métaux précieux de l'Amérique méridionale : des capitaux européens (principalement des capitaux anglais) ont aussi été employés dans l'exploitation des mines de cette contrée, qui, pour la plupart, avaient été abandonnées pendant la guerre d'indépendance contre l'Espagne.

Dès 1824, plusieurs compagnies de mines se sont formées pour reprendre les travaux d'un grand nombre de mines du Mexique, et depuis cette époque, des sommes très considérables ont été employées dans ces exploitations. Entreprises faites depuis 1824.

Par suite de diverses circonstances, beaucoup de ces entreprises n'ont pas encore donné de ré-

sultats favorables, et leur peu de succès a contribué à faire baisser la réputation dont les mines du Mexique jouissaient généralement en Europe, avant qu'elles eussent été exploitées à l'aide de capitaux européens. Cependant ce n'est pas toujours le manque de gîtes aussi riches que ceux précédemment exploités qui a frustré toutes les espérances qu'on avait fondées sur les produits de ces mines, mais le plus souvent les circonstances défavorables sous l'empire desquelles une grande partie de ces exploitations ont été reprises.

Causes du non-succès de ces entreprises

Lors de la formation des compagnies de mines, la grande concurrence et le peu de connaissance des habitans d'un pays, ouvert depuis si peu de temps aux étrangers, n'avaient pas toujours permis de choisir avec discernement entre les mines offertes aux contractans : ces désavantages s'accrurent considérablement par les règles auxquelles on assujettit les droits à la concession des mines.

Les lois de mines pour la Nouvelle-Espagne (*ordenanzas de mineria*), qui sont en grande partie en vigueur actuellement sous le gouvernement fédéral du Mexique, ne permettent pas aux étrangers d'acquérir la possession des mines (1); une loi postérieure, promulguée par le gouvernement mexicain, leur donne cependant droit à une partie des bénéfices, quand ils fournissent un capital quelconque pour leur exploitation.

Conformément à cette loi, les compagnies étrangères se sont obligées à exploiter une ou plu-

(1) Depuis peu ces lois ont été abolies dans l'état de Zacatecas, et les étrangers peuvent y obtenir la possession des mines sous les mêmes conditions que les Américains, mais elles existent encore dans les autres états.

sieurs mines pendant un certain nombre d'années, à fournir les sommes nécessaires à l'épuisement et aux autres travaux, en payant une annuité ou une somme fixe aux propriétaires, et en leur donnant une partie (un quart, un tiers ou la moitié) des bénéfices.

Généralement, l'administration et la direction des travaux se trouvent tout-à-fait entre les mains de la compagnie, et dans ce cas, celle-ci s'oblige à présenter les comptes tous les trois ou six mois aux propriétaires, qui doivent les approuver; ou bien ceux-ci se sont réservé le droit de nommer une personne, payée par la compagnie, qui prend part à la direction ou à l'administration, ou à toutes les deux à la fois.

Il résulte de ces sortes de contrats que les intérêts des deux parties ne sont pas toujours les mêmes, et delà naissent une foule de procès, plus pernicieux encore pour les compagnies que pour les propriétaires, mais qui sont toujours très nuisibles à l'exploitation et qui empêchent presque constamment les progrès de l'entreprise.

Au commencement, les compagnies choisissaient de préférence les mines qui avaient acquis une grande réputation par les richesses immenses qu'on en avait extraites pendant une longue série d'années, sans égard à leur étendue, à la profondeur des travaux, et sans être aucunement fixés sur l'état où se trouvaient les travaux de recherches à l'époque où les mines avaient été abandonnées.

On croyait généralement qu'on pourrait exploiter avec plus d'économie que ne l'avaient fait les Mexicains; on avait espéré pouvoir éviter en grande partie la perte considérable d'argent dans le

traitement des minerais, et on avait compté tirer parti de minerais pauvres rejetés jusqu'alors. L'emploi de machines plus perfectionnées avait aussi paru devoir assurer de grands avantages aux exploitations projetées. Cette dernière espérance n'a pas en effet été complétement déçue; les machines à vapeur ont été employées avec succès dans plusieurs localités, à l'épuisement des mines; mais leur transport, leur construction et les hommes nécessaires à leur surveillance et à leur manœuvre, exigeaient de la part des compagnies des mises de fonds considérables, hasardées sans aucun intérêt, et qui souvent se trouvaient complétement perdues après le dessèchement des anciens travaux déjà épuisés de minerais.

Le traitement des minerais pauvres a donné peu de bénéfices et le rendement des minerais riches n'a pas non plus beaucoup augmenté. Les dépenses de l'exploitation et du traitement ont bien diminué sous certains rapports, mais elles ont considérablement augmenté sous plusieurs autres.

Les mineurs européens savent assez combien il est hasardeux de reprendre des travaux de mines abandonnés depuis long-temps et d'effectuer leur épuisement, quand on n'a pas de renseignemens certains sur l'état des gîtes, pour qu'il soit nécessaire d'en développer les raisons. Or les mines du Mexique se trouvaient toutes dans ces circonstances, quand les compagnies étrangères s'y sont établies, et le désavantage de leur position a été encore aggravé par suite de ce que les propriétaires de mines, en contractant pour leur exploitation, n'étaient jamais exposés à des pertes réelles de capitaux. De la nature des contrats passés par

les propriétaires, il résultait que jamais ceux-ci n'avaient à supporter de pertes quand l'entreprise échouait, et qu'au contraire ils avaient une grande part dans les bénéfices en cas de réussite; aussi étaient-ils toujours disposés à donner les renseignemens les plus favorables sur l'état des mines, quoique celles-ci eussent été abandonnées depuis long-temps et qu'on ne se souvînt plus que de leur production en argent, sans connaître les dépenses qu'elles avaient occasionées.

Cependant quelques années d'expérience apprirent bientôt aux compagnies les moyens d'obtenir des conditions moins onéreuses et d'éviter un grand nombre des inconvéniens attachés à ces sortes d'entreprises : ce changement dans l'état de choses contribuera sans doute à rendre aux mines du Mexique la prospérité dont elles ont joui sous la domination de l'Espagne. **Meilleur avenir pour les exploitations.**

La compagnie de Bolanos, formée en 1826 par des capitalistes anglais, est celle qui, jusqu'à présent, a obtenu le plus de succès au Mexique: et il est probable que l'état de prospérité dans lequel elle se trouve se continuera encore plusieurs années, sans qu'il soit nécessaire de recourir à un appel de fonds. Cette compagnie possède les deux districts de Nunes de Bolanos (dans l'état de Guadalaxara) et de Veta-Grande (dans l'état de Zacatecas). La part que j'ai prise à la direction de ces mines depuis 1828, m'a mis à même de recueillir beaucoup de détails sur leurs produits : ne doutant pas que ces détails n'offrent beaucoup d'intérêt pour les mineurs européens, j'ai exposé les résultats de cette exploitation dans les tableaux qui se trouvent joints à ce mémoire, et je vais y ajouter quelques détails techniques.

Filons de Zacatecas.

Les filons des montagnes de Zacatecas se trouvent dans un terrain formé de roches désignées jusqu'à présent sous le nom de roches intermédiaires, qui se composent ici de diorite, de phyllades, d'un peu de traumate, de schiste siliceux et de quelques masses de porphyre. Le nombre de ces filons est extrêmement considérable (1); mais quelques-uns d'entre eux se distinguent des autres par leur grande extension, leur épaisseur et la régularité de leur direction.

Le filon de la Veta-Grande est de ce nombre. Il se trouve sur la pente septentrionale des montagnes de Zacatecas, et on peut le suivre dans presque toute la largeur de cette chaîne; il affleure près de la plaine ouest dans la vallée de Chupaderos, se dirige vers le Cerro de Milanesa, passe près de la partie la plus élevée des montagnes de Zacatecas, le Cerro del Angel, dont la hauteur au-dessus du niveau de la mer est de 9072 pieds anglais (2767 mètres), et il se perd près du Cerro de Mirandillo, avant d'arriver à la plaine Est, s'étendant ainsi sur une longueur de près de deux lieues.

Mines de Veta-Grande.

Sur ce filon on trouve les mines suivantes, en allant de l'ouest à l'est:

1. Santa-Rita.
2. Cata-de-Juanes.
3. Santa-Gertrudia-de-Gallega.

---

(1) M. Elie de Beaumont est dans l'erreur en disant (*Coup-d'œil sur les mines*, 1824, p. 65) que le district de Zacatecas ne présente qu'un seul filon.

4. Santo Christo-de-la-Parogina.
5. Milanesa.
6. Urista.
7. Masias.
8. Pedro-de-Torrès.
9. Concepcion, avec le puits général.
10. Palmillas.
11. Alvarado.
12. Gajuelos.
13. Cajoncillo.
14. Delgadillo.
15. Santo-Jose-de-la-Isla.
16. Esperanza.
17. San-Acasio.
18. San-Francisco.
19. San-Vicente.
20. El-Aguila.
21. Nostra-Senora-de-los-Dolores.

Les mines de 2 à 14 sont exploitées par la compagnie de Bolanos, et les cinq suivantes par la compagnie unie mexicaine.

Description du filon dans ces diverses mines.

La direction générale du filon de Veta-Grande est presque de l'est à l'ouest (heure 7 à 7 $\frac{1}{2}$ de la boussole du mineur allemand) et son inclinaison est de 60° à 65° (avec l'horizon) vers le sud.

Dans la partie ouest du filon, je ne connais qu'une seule branche; mais dans la partie est, il est divisé en trois ou même quatre ramifications qui se trouvent tantôt tout près l'une de l'autre, tantôt à une distance qui peut aller jusqu'à 25 vares (1).

(1) Un vare mexicain est environ 31 pouces de l'ancien pied de roi, ou 0m,839.

Division en plusieurs branches.

Dans la mine de Gallega, on n'a connu pendant long-temps qu'une seule ramification du filon, mais lorsque les travaux de cette mine eurent été mis en communication avec ceux de la mine de Milanesa, on en découvrit une seconde. La branche principale (celle du nord) fait un coude, suit pendant une faible distance une ligne dirigée sur la cinquième heure, et en faisant un second coude, elle reprend sa première direction : son inclinaison reste invariablement dirigée vers le sud. La seconde branche (celle du sud) ne change pas de direction, mais elle devient verticale et prend ensuite son inclinaison vers le nord.

Les deux branches du filon sont aussi connues dans la mine de Milanesa; mais comme les anciens ouvrages sont tout-à-fait ruinés, on ignore s'il y en a une troisième. D'Urista à San-Vicente, on trouve presque toujours trois branches du filon (dans la mine de la Concepcion, il n'en existe cependant que deux au-dessous de la profondeur de 300 vares = 251^{m},75); plus à l'est je n'ai trouvé que deux ramifications.

Dans la mine de Masias, le filon est même divisé sur une petite largeur en quatre branches, mais la quatrième rejoint bientôt la branche supérieure avant de sortir des limites de la mine.

La figure 1 (*Pl. I*) représente une coupe verticale du filon, qui montre la disposition de ses quatre branches dans la mine de Masias.

La plus grande partie des filons de Zacatecas ont des affleuremens de quartz qui s'élèvent de plusieurs pieds au-dessus de la roche environnante et qui, à cause de cela, se distinguent de très loin : il n'en est pas de même du filon de Veta-Grande qui, en plusieurs points, arrive à

peine à la surface ; on le reconnaît cependant aux dépressions qu'il présente et à la couleur blanchâtre du sol, produite par la décomposition de la gangue.

Puissance du filon.

Quoique le filon n'ait pas toujours une grande épaisseur près de la surface, il est cependant plus puissant et plus riche dans les points les plus élevés, c'est-à-dire dans les montagnes que près de la plaine. En effet, on le connaît à peine vers ses deux extrémités, tandis qu'il a été exploité dans la partie centrale jusqu'à la profondeur de 400 vares (334 mètres).

La puissance du filon varie beaucoup : dans son extrémité ouest, près de la mine de Santa-Rita, il n'a que 1 à 1 $\frac{1}{4}$ vare ($0^m,84$ à $1^m,05$); à Cata de Juanes, son épaisseur n'est qu'un peu plus considérable, mais à Gallega, elle est déjà sur quelques points de 10 à 11 vares ($8^m,39$ à $9^m,23$). C'est dans la galerie de San-Andrès (*fig.* 2), à 218 vares (183 mètres) au-dessous de l'orifice du puits de Taylor, situé presque sur la cime du Cerro de Milanesa (8839 pieds anglais = 2695 mètres au-dessus de la mer) que le filon montre cette grande épaisseur; mais il ne la conserve que sur une très petite longueur et sa puissance diminue à l'est et à l'ouest.

La même chose arrive au-dessus et au-dessous de la profondeur susmentionnée : à la partie supérieure, il conserve son épaisseur pendant 30 à 35 vares (25 à 29 mètres); mais il se rétrécit ensuite rapidement, de manière qu'à 40 ou 50 vares (33 ou 40 mèt.) au-dessus de la galerie de San-Andrès, il n'a plus que 1 $\frac{1}{2}$ à 2 vares ($1^m,2$ à $1^m,6$) d'épaisseur et bientôt, au-dessous de ce point, il devient si minime qu'il ne peut plus payer les frais d'ex-

ploitation. Au-dessous de la galerie de San-Andrès, il garde son épaisseur sur une profondeur de 12 à 15 vares (10 à 13 mètres); mais plus bas il se rétrécit progressivement jusqu'à n'avoir plus que 1 $\frac{3}{4}$ à 2 vares ($1^m,47$ à $1^m,68$), épaisseur qui n'augmente pas dans toute la profondeur connue du filon. La fig. 2 est une coupe qui peut servir à donner une idée fort exacte de l'élargissement du filon et de son rétrécissement au-delà des points indiqués.

Dans la mine de Milanesa, la puissance des deux branches ne surpasse point 2 $\frac{1}{4}$ à 3 vares ($1^m,89$ à $2^m,52$). Dans celle d'Urista, le filon présente trois ramifications qui sont connues et exploitées jusqu'à une profondeur de 400 vares (336 mètres). La branche sud (la branche supérieure) a dans cette mine, ainsi que dans une position un peu plus orientale, une épaisseur de 3 à 5 vares ($2^m,52$ à $4^m,20$); mais dans la mine de San-Acasio, elle s'élargit de manière à avoir une épaisseur de 9 à 10 vares ($7^m,56$ à $8^m,40$).

L'épaisseur de la branche du milieu surpasse rarement 7 à 8 vares ($5^m,88$ à $6^m,72$) et elle n'est souvent que de 1 à 1 $\frac{1}{4}$ vare ($0^m,83$ à $1^m,05$). La largeur de la ramification inférieure varie de 2 à 6 vares ($1^m,68$ à $5^m,04$).

Souvent ces diverses branches du filon ne sont séparées que par des intervalles très étroits; mais en d'autres points, on trouve interposées entre elles des masses de diorite, de grauwacke et de phyllade qui ont jusqu'à 20 et 25 vares (16 et 20 mètres) d'épaisseur.

Le toit et le mur des diverses branches du filon, mais surtout le toit de la branche supérieure, sont très distincts et généralement accompagnés d'une

sallebande. Dans ce cas, la gangue, ainsi que la roche qui forme le toit, et plus rarement celle du mur, offrent souvent des faces miroitantes rayées dans un certain sens.

Dans la mine de Gallega, où le filon ne se ramifie point, il est divisé souvent en son milieu par une petite veine d'argile durcie, de couleur noire, qui montre aussi des faces miroitantes rayées; près de cette veinule, la gangue est également noire et contient des fragmens de quartz et de pyrites à angles très aigus. Composition minéralogiqué.

La gangue du filon de Veta-Grande se compose de quartz, de hornstein et de fragmens de la roche qui l'encaisse; la chaux carbonatée ne s'y montre que rarement. Dans cette gangue se trouvent:

1° De l'argent natif;
2° De l'argent muriaté;
3° De l'argent antimonié sulfuré;
4° De l'argent antimonié sulfuré noir;
5° De l'argent sulfuré;
6° De l'argent sulfuré terreux;
7° Du plomb sulfuré;
8° Du zinc sulfuré;
9° Du fer sulfuré (pyrite);
10° Du cuivre pyriteux;
11° De l'antimoine sulfuré;
12° Et du fer oxidé hydraté.

J'y ai aussi trouvé de la baryte sulfatée, de la chaux carbonatée manganésifère et de la chaux sulfatée, toutes trois cristallisées. Ce dernier minéral paraît être de formation moderne; car il se trouve non seulement dans les cavités du filon sur des fils d'argent natif, mais aussi dans les anciens travaux, tapissant des fissures dans des morceaux de roches qui avaient servi à masquer le boisage,

et qui ne se trouvaient pas dans la place qu'elles occupaient depuis plus de 25 à 30 ans.

L'asbeste tressée (papier et cuir fossile) a été aussi trouvée sur ce filon dans les mines de la Concepcion et de Gallega, remplissant de petites fissures transversales dans le quartz.

Le filon de Veta-Grande est caractérisé, comme tous les autres filons du district de Zacatecas, par des changemens de nature dans la gangue et les minerais à diverses profondeurs; ces changemens établissent entre les différentes parties une distinction que les mineurs allemands désignent sous le nom de *Verschiedene Ersteufen*.

Variétés de gangues et de minerais.

Jusqu'ici on n'a reconnu que deux divisions de cette nature dans le filon, et elles se distinguent par la couleur de la gangue et des minerais qui y sont contenus. Dans la partie supérieure du filon, les matières ont une couleur brun-rougeâtre (d'où leur vient le nom de *los colorados*), dans la partie inférieure la couleur est noire (*los negros*). La partie colorée en brun-rougeâtre ne se trouve, dans les mines situées à l'ouest, que jusqu'à Urista et elle s'étend à une profondeur de 150 à 180 vares (126 à 150 mètres); au-delà de cette mine à l'ouest, on ne la rencontre plus et la partie noire s'élève jusqu'à la surface.

Minerais dits *colorados*.

Les minerais rouges (*los colorados*) se composent généralement d'un quartz ferrugineux de peu de consistance, et passant quelquefois au fer oxidé hydraté, qui contient un peu d'argent natif, de l'argent muriaté et un peu d'argent sulfuré terreux. Ces matières sont disséminées dans le quartz en particules très fines, et on ne les discerne pas facilement à la vue; ce n'est que par le lavage (*Sichertrog*, *tuchara*) que les ouvriers s'assurent

de leur teneur en argent : généralement ils sont assez riches.

Ces minerais offrent de grands avantages à cause de leur richesse, de leur proximité de la surface, de l'état de décomposition de la partie du filon où ils se trouvent, et enfin de la facilité avec laquelle on peut les traiter par amalgamation; aussi sont-ils toujours préférés aux minerais noirâtres. Ces derniers se distinguent des *colorados* d'Angangeo en ce que ceux-ci contiennent rarement du quartz et jamais de l'argent muriaté. Ils appartiennent à toutes les branches du filon, tandis que dans les parties noires, les différentes branches se distinguent facilement par la diversité des mélanges de minerai et de gangue.

Minerais dits *negros*.

Les minerais et la gangue que l'on trouve dans la branche supérieure des filons sont, dans la partie est, tout-à-fait semblables à ceux que le filon réuni en une seule masse offre à l'ouest. Mes observations sur cette branche supérieure sont bornées aux mines de Cata-de-Juanès, de Gallega, de Milanesa, d'Urista, de Masias et de San-Acasio, où elle conserve partout les mêmes caractères. La gangue se compose de quartz, avec peu de hornstein et très peu de chaux carbonatée: on y trouve de la chaux carbonatée manganésifère et des fragmens de phyllade blanchâtre, de schiste siliceux ou de diorite, à arêtes très vives. A Gallega, elle contient rarement de l'argent natif, tandis que cette matière est très fréquente, sous forme lamellaire et capillaire, à Urista, Masias et San-Acasio.

Disposition des minerais dans le filon.

Les substances qui font l'objet de l'exploitation sont un mélange d'argent antimonié sulfuré, et d'antimoine sulfuré, quelquefois aussi de plomb sulfuré, de blende et de pyrites. L'argent anti-

monié sulfuré de couleur foncée, se trouve disséminé, en masse ou cristallisé; l'argent antimonié sulfuré noir et l'argent sulfuré sont moins fréquens; ils sont disséminés dans la même masse ou dans le quartz : ils se trouvent très rarement cristallisés. Ce mélange de matières métalliques est généralement de couleur gris-noirâtre, noir ou gris de plomb, selon la prédominance de l'argent antimonié sulfuré, de la blende ou de l'antimoine sulfuré : tantôt il est en masses granulaires ou compactes, tantôt en masses imparfaitement lamellaires et offrant un double clivage. Ordinairement il est disséminé en nids ou petites veines, dans un quartz blanchâtre, compacte, plus ou moins dur.

Les veinules sont le plus souvent parallèles aux parois du filon; mais elles se recourbent et se replient de diverses manières, de telle sorte qu'elles forment par leurs diverses couleurs, des dessins rubanés d'un agréable aspect. Les figures qui résultent de cette disposition offrent de grandes variétés de forme dans les mines de Gallega, et prouvent avec évidence que ce filon a été formé d'une manière successive par des forces agissant de bas en haut.

L'abondance des minerais dans cette partie du filon et la facilité avec laquelle on les exploite est telle qu'un seul ouvrier mineur (1) peut, en travaillant sur un ouvrage à gradins renversés de 20 vares (16^{m},8) de hauteur, gagner de 60 à 80 piastres (2) (300 à 400 fr.) par semaine. On emploie

(1) Je donnerai plus loin quelques détails sur le gain que peut faire un ouvrier mineur au Mexique.

(2) Une piastre du Mexique vaut 5 fr. 43 c.

souvent plus de temps pour séparer les minerais de la gangue et les mettre dans un sac que pour les détacher de la masse.

La branche supérieure du filon, qui conserve les caractères du filon principal à Gallega, est presque toujours plus riche près de ses parois que dans son milieu : la richesse est aussi plus grande au toit qu'au mur; c'est principalement près du mur et au milieu que le filon offre des masses compactes de quartz dur, parsemé de minerais, mais qui y sont rarement abondans. Les veines métallifères ont une épaisseur variable de quelques lignes à $\frac{1}{2}$ vare.

Les minerais argentifères sont quelquefois disséminés en particules si ténues dans le quartz, que lorsqu'ils ont été exposés pendant quelque temps à l'air, la masse semble n'avoir fait que prendre une teinte un peu plus foncée; mais en les arrosant avec de l'eau, on y découvre bientôt des grains métalliques.

Ce n'est que dans les mines d'Urista, de Masias et de San-Acasio que j'ai pu observer les caractères de la branche intermédiaire du filon : elle a été cependant exploitée dans les mines situées entre les deux dernières, mais ces mines ne sont plus accessibles. Cette ramification paraît se distinguer de la première par la rareté de la gangue; celle-ci est remplacée par un mélange de blende, de pyrites avec un peu de galène et d'antimoine sulfuré, mélange qui ne contient jamais d'argent et que les mineurs de la Veta-Grande désignent par le nom de *Verdiona*.

Souvent ce mélange est accompagné d'un peu de quartz coloré en noir, et il est alors extrêmement dur. On y rencontre aussi fréquemment des

fragmens de phyllade blanchâtre, des rognons de quartz blanc, de la chaux carbonatée manganésifère et des pyrites. Ces mêmes substances se trouvent quelquefois aussi dans les minerais. Dans la branche supérieure, ce mélange (*Verdiona*) contient quelquefois des grains de matières argentifères.

La branche intermédiaire contient fréquemment des pyrites de fer et du cuivre pyriteux : cette dernière substance est généralement argentifère. Outre les pyrites, on y trouve de l'argent natif, de l'argent sulfuré terreux, de l'argent antimonié sulfuré, de l'argent et du plomb sulfurés. Le cuivre pyriteux argentifère, qui paraît contenir l'argent à l'état natif ou de sulfure, se distingue par sa couleur des pyrites non argentifères.

Pendant mon séjour à Veta-Grande, on a peu exploité la branche inférieure du filon, et par conséquent, je n'ai eu que très peu d'occasions d'examiner ses caractères. Elle paraît contenir plus de quartz que la branche du milieu, et ce quartz passe souvent à l'améthyste de couleur claire et contient de l'argent antimonié sulfuré en particules très fines. Le mélange, désigné par le nom de Verdiona, se retrouve aussi dans cette partie du filon.

Dérangemens éprouvés par le filon.

Les dérangemens que le filon de Veta-Grande a éprouvés par suite de la formation plus moderne d'autres filons, montreront plus clairement encore que la nature des parties qui le composent, que ces filons ont été formés par des forces dont l'action s'est exercée de bas en haut. Les caractères de ces dérangemens sont en effet en opposition complète avec les théories de Werner et de Schmidt. Je me bornerai à donner ici quelques

détails sur les dérangemens que le filon de San Diego a fait éprouver à celui de Veta Grande : ils ont été représentés sur la *fig.* 3, par un plan fait au niveau de la galerie de San-Francisco, dans les mines de Gallega et de Cata-de-Juanès.

Le filon de San-Diego, qui rejette le filon de Veta-Grande, est dirigé entre la 9e et la 10e heure de la boussole, et son inclinaison est de 70 à 75° au nord-est. On avait commencé à exploiter, dans la mine de Gallega, la partie du filon de Veta-Grande qui se trouve au toit de celui de San-Diego, sans connaître les ouvrages de la mine de Cata-de-Juanès, qui se trouvaient alors inondés, et on supposa, en conséquence, que la partie du filon de Veta-Grande qui était au mur de celui de San-Diego était rejetée vers le nord-ouest. Une galerie de recherche fut creusée dans cette direction de A vers C, dans le filon de San-Diego, sur une longueur de 75 vares (63 mètres), sans découvrir la partie dérangée du filon de Veta-Grande. Filon croiseur de San-Diego.

Le déblaiement des ouvrages de Cata-de-Juanès ayant été effectué un peu plus tard, on retrouva le filon BB, et comme on ne découvrit pas, au mur de celui de San-Diego, aucun autre filon de C en B, il devint évident que BB devait être la partie rejetée du filon de Veta-Grande.

Il résulte delà que les dérangemens causés par le filon de San-Diego doivent avoir été effectués par un soulèvement de la roche qui forme le toit du filon de San-Diego. L'action qui a produit ce soulèvement doit avoir été considérable; car la distance horizontale qui sépare les deux portions du filon est de 387 vares (241 mètres), bien que les filons ne se coupent pas sous un angle très aigu;

on observe rarement dans les filons des rejets aussi grands.

Le filon de San-Diego a des sallelandes très distinctes; la roche qui est en contact avec le filon a souvent moins de dureté que dans les autres parties, et elle contient fréquemment des pyrites. La gangue et les minerais de ce filon sont semblables à ceux de la branche supérieure du filon de Veta-Grande, mais ils contiennent plus de blende et de galène; les minerais s'y rencontrent près de la surface, mais on ne les retrouve pas au delà de Veta-Grande. Ils sont très abondans près des points A et B.

L'épaisseur de ce filon croiseur est très considérable entre les points A et B, elle varie de 2 à 6 vares (1,68 à 5,04 mètres), mais elle diminue dès qu'on s'éloigne de ces points vers le sud-est ou le nord-ouest.

Au sud-est, le filon de San-Diego a été exploré sur une longueur de 75 vares (63 mètres) au delà du point A. Il se trouve à cette distance encaissé dans la roche de phyllade, et il se réduit à une simple fissure de 1 à 3 pouces d'épaisseur, remplie de phyllade décomposé.

Au nord-ouest du point B le filon n'est connu que sur une faible longueur, et il devient bientôt aussi mince que de l'autre côté (1).

Autres filons croiseurs. Le filon de Veta-Grande a éprouvé un second dérangement qui se présente dans les mines de

---

(1) Ces notions sur la nature du filon de Veta-Grande ont déjà été publiées en Allemagne par Karsten, dans les *Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau, und Hüttenkunde*, tome VI, 1833, p. 319 et suiv.

Milanesa et d'Urista; je ne sais pas quelle influence le filon de San-Borja a exercée sur celui de Veta-Grande, les ouvrages qui avaient été effectués au point de croisement étant complétement ruinés. On observe un troisième dérangement entre Urista et Masias, puis un quatrième et un cinquième dans la mine de la Concepcion. Celui qui a été causé par le filon de *Armados*, dont l'inclinaison est vers le sud, doit se trouver entre les mines de Pédro-de-Torrès et de la Concepcion; à l'est de cette dernière mine il doit se trouver encore des altérations de même nature dans l'allure du filon, mais je ne puis donner aucun détail à ce sujet, n'ayant pu visiter les mines de l'est, si ce n'est celle de *Esperanza*.

Production du filon à diverses époques.

Les mines de Veta-Grande ont été mises en exploitation peu de temps après la conquête du Mexique. Elles furent d'abord possédées par divers propriétaires; mais dans le siècle dernier, l'épuisement des eaux dans chaque mine étant devenu difficile et fort coûteux, les concessionnaires formèrent une compagnie (1) pour l'exploitation des mines comprises entre celles de Cata-de-Juanès et de Desgadillo. Les richesses qui ont été extraites de ces mines sont immenses, mais il est très difficile d'assigner exactement leurs produits : les comptes que j'ai pu me procurer ne remontent qu'à l'année 1790. Depuis cette époque jusqu'à la fin de 1833, c'est-à-dire durant une période de 44 années, les mines de Veta-Grande ont produit 3.895.171 marcs d'argent, qui, à raison de 8 $\frac{3}{4}$ piastres le marc, équivalent à

(1) Il ne faut pas confondre cette société avec la compagnie anglaise.

34.082.746 piastres, ou à (la piastre étant de 5 francs en nombres ronds) 170.413.730 francs.

Le tableau suivant donne une idée de la production de ces mines pour chaque année.

ANNÉES.	PRODUITS d'argent en marcs.	VALEUR de l'argent en piastres.		ANNÉES.	PRODUITS d'argent en marcs.	VALEUR de l'argent en piastres.	
		piastres.	r.			piastres.	r.
1790	18 310	160.212	4	Rep	1.581.947	13.842.036	2
1791	26.760	234.150	»				
1792	77 062	674 292	4	1813	158.095	508.331	2
1793	66 890	585.287	4	1814	102 036	892.815	»
1794	31.785	278.118	5	1815	30.836	269 815	»
1795	43.275	378.656	2	1816	46.545	407 268	6
1796	35.571	311.246	2	1817	42.815	374.631	2
1797	10.533	92.163	6	1818	51.368	449.470	»
1798	18.651	163.196	2	1819	58.302	510.142	4
1799	12.441	108 858	6	1820	68.297	597.598	6
1800	18.397	160.973	6	1821	53 589	468.903	6
1801	14.147	123.786	2	1822	87.110	762.212	4
1802	20.997	183.723	6	1823	94.977	831.048	6
1803	64.291	562.546	2	1824	66.161	578.908	6
1804	101.881	891 458	6	1825	67.459	590.266	2
1805	299 814	2.623.372	4	1826	46.998	411.232	4
1806	162.254	1.419.722	4	1827	65,456	572 740	»
1807	117.985	1.032.368	6	1828	117.268	1.026 095	»
1808	152.419	1.333.666	2	1829	235.741	2 062.733	6
1809	65.446	572.652	4	1830	279.288	2.443.770	»
1810	111.710	977.462	4	1831	272 093	2.380 813	6
1811	56 616	495.390	»	1832	259.498	2.270.607	4
1812	54.712	478.730	»	1833	209.292	1.831.305	»
Tot.	1.581.947	13.842.036	2	Tot.	3.895.171	34.082.746	2

Avancement des travaux.

Lorsque la compagnie anglaise entreprit l'exploitation de ces mines, elles produisaient encore de 65.000 à 66.000 marcs d'argent par an, sans cependant donner de bénéfices. Le filon de Veta-Grande avait alors été exploité dans la mine de

Urista jusqu'à une profondeur de 400 vares (336 mètres), mais l'épuisement des eaux rendait l'exploitation si coûteuse qu'on fut obligé d'y renoncer. Les travaux de la mine de Milanesa avaient atteint la même profondeur, mais ils furent abandonnés avec ceux d'Urista, bien que cette mine eût donné de 1804 à 1808 des produits fort abondans.

Vers la fin du siècle dernier on avait commencé l'approfondissement d'un puits général, qu'on avait disposé de telle manière qu'il devait aller rencontrer le filon à 500 vares (420 mètres) de profondeur : on n'était encore arrivé qu'à 400 vares (336 mètres) lorsque le creusement fut suspendu. Les eaux s'élevaient alors dans ce puits à 300 vares (252 mètres) au-dessous de son orifice, lorsque la compagnie de Bolanos entra en possession de ces mines. On ne crut pas convenable de reprendre les travaux à cette profondeur, et l'exploitation fut bornée à l'extraction de quelques masses de minerais pauvres situées à l'est du puits général; en même temps quelques recherches furent poussées dans la partie peu connue du filon qui se trouvait entre les puits de Gallega et de Milanesa.

Comparaison des recettes et des dépenses.

Les travaux entrepris à l'est du puits général ne couvraient pas les dépenses, et ils ont été bientôt abandonnés; mais ceux effectués à l'ouest firent découvrir une masse de minerais argentifères à Masias, et une autre plus considérable à Gallega; ces découvertes accrurent d'une manière considérable le produit en argent des mines de Veta-Grande. Depuis la fin d'avril 1826 jusqu'à la même époque en 1834, c'est-à-dire durant une période de 8 années, ce produit a été de 1.680.316

marcs 4 onces $\frac{4}{8}$ d'argent, dont la valeur est de 13.862.609 piastres 4 $\frac{1}{8}$ réaux ou 69.313.047 fr.

		piastres. réaux.
Si on déduit de cette valeur de		13.862.609 4 $\frac{1}{8}$
1° Les droits ordinaires qui, d'après le tableau n° 4, donné à la fin de cette notice, s'élèvent à.	653.531 1 $\frac{1}{8}$	
2° Les droits extraordinaires	114.700 3 $\frac{4}{8}$	
Soit déduction totale	768.231 4 $\frac{5}{8}$	768.231 4 $\frac{5}{8}$
Il reste une valeur nette de		13.094.377 7 $\frac{4}{8}$
En y ajoutant les autres recettes énumérées dans le tableau n° 5, qui montent à		408.345 2 $\frac{6}{8}$
La recette totale est de		13.502.723 2 $\frac{2}{8}$
Retranchant les dépenses énumérées dans les tableaux 1 et 2, qui s'élèvent à.	8.960.669 4 $\frac{1}{8}$	
Et les dépenses nécessitées par l'achat de l'atelier d'amalgation de Beyona et la construction de Buen-Suceso, qui sont de	73.900 7 $\frac{6}{8}$	
La somme à retrancher sera.	9.034.570 3 $\frac{7}{8}$	9.034.570 3 $\frac{7}{8}$
Le bénéfice se réduit à		4.468.152 6 $\frac{1}{8}$

Dans mon opinion ce bénéfice est suffisant pour montrer évidemment que les mines du Mexique peuvent encore être exploitées avec avantage.

Si l'on jette actuellement un coup d'œil sur les dépenses, on verra qu'elles sont très considérables; en effet dans les trois premières années dont nous avons indiqué les produits, les mines ne donnaient pas de bénéfices; les dépenses étaient les suivantes :

	piastres.	réaux.
Frais d'exploitation par quintal de minerai . .	1	0 $\frac{6}{8}$
Frais de traitement métallurgique.	1	2
Frais généraux	0	2 $\frac{6}{8}$
Frais totaux.	2	5 $\frac{1}{2}$

Si on choisit une année dans laquelle les profits ont surpassé les dépenses, telle que l'année 1830, on trouve que les frais pour un quintal de minerais extraits sont :

	piastres.	réaux.
Frais d'exploitation	0	7 $\frac{1}{8}$
Frais de traitement	1	3 $\frac{2}{8}$
Frais généraux	0	1 $\frac{1}{8}$
Dépenses totales.	2	3 $\frac{1}{2}$

Mais en 1830, il n'y avait que deux mines qui donnassent des minerais; les dépenses susmentionnées contiennent par conséquent des frais étrangers à l'extraction; de telle sorte que si on retranche ces dépenses et qu'on calcule les frais pour la seule mine de Gallega, ils se réduisent à 5 réaux $\frac{5}{8}$..

Détails sur le salaire des ouvriers.

C'est principalement le salaire des ouvriers qui élève si haut le prix des minerais. Ce salaire se trouve fixé de manière que les propriétaires ne pourraient le changer sans les plus grands inconvéniens.

Exploitation.

Un ouvrier mineur de Zacatecas gagne 1 piastre (5 francs) par jour; mais en le payant à la journée, on ne peut pas espérer que son travail soit bien productif : si on le paie à la tâche, il faut compter que son salaire s'élèvera à 2 piastres (10 fr.) par jour. Les ouvriers employés à l'exploitation des minerais, étant accoutumés à recevoir en payement une partie des minerais (de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{3}$ du total), exigent pour leur travail un prix très élevé, quand on veut leur enlever cette part dans l'exploitation. A la mine de Gallega, on leur donnait 3 réaux par quintal de minerai, et j'ai vu les ouvriers gagner chacun de 80 à 100 piastres (400 à 500 fr.) par semaine. Pour ce prix, ils sont obligés de détacher les minerais, de les séparer un

peu de la gangue et de les mettre dans des sacs; la poudre, les chandelles et les ustensiles de fer leur sont donnés par la compagnie; mais ils sont tenus de payer le forgeron pour aiguiser leurs outils.

Transport. Le transport des minerais depuis les ateliers jusqu'aux puits se fait à dos d'homme; ces ouvriers gagnent 6 réaux par jour: la dépense revient à peu près à 1 réal par charge ou à ½ réal par quintal de minerais. Comme les anciens travaux sont, dans les mines du Mexique, extrêmement irréguliers, on ne peut pas y introduire de chariots pour le transport; dans les nouveaux ouvrages, j'ai introduit des chariots avec quelque succès; quoique la dépense du roulage proprement dit fût peu diminuée, on en retirait cependant quelques avantages en économisant sur les frais d'éclairage, parce qu'avec un plus petit nombre d'hommes on pouvait transporter une plus grande quantité de minerais.

En substituant le roulage au transport à dos d'homme, j'avais espéré que les ouvriers préféreraient bientôt ce travail, à mon avis, bien moins pénible; mais il n'en fut pas ainsi et je fus obligé de recourir à des hommes qui n'eussent pas encore travaillé aux mines, pour les accoutumer au roulage. Cela résulte de ce qu'on employait rarement de très jeunes gens au transport à dos, parce que chaque homme devait porter de 100 à 200 livres; les ouvriers habitués à ce genre de travail avaient donc exercé et fortifié certains muscles tout-à-fait différens de ceux qu'il faut mettre en jeu pour le roulage, et ils se fatiguaient naturellement très vite, quand on leur faisait faire ce dernier travail. Les détails suivans donneront une idée plus exacte du travail des ouvriers employés au transport à dos.

Pendant les 7 derniers mois de 1829, la quantité de minerais extraits s'éleva à Gallega à 283.706 sacs (y compris la gangue) dont on a retiré par le triage 258.645 quintaux de minerais : chaque sac pesait environ 125 livres (moyenne que j'ai obtenue en pesant un grand nombre de sacs à diverses époques), de telle sorte que pour un quintal de minerais, il fallait extraire 136 livres de matières brutes, dont le transport coûtait $0^{réal},341$. Un ouvrier, pour gagner 6 réaux, devait par conséquent transporter 17 quintaux $\frac{1}{2}$ de minerais triés ou 24 quintaux de minerai brut dans sa journée, ce qui fait environ 20 voyages et retours depuis les ateliers jusqu'aux puits d'extraction. La distance moyenne des ateliers aux galeries était en 1829 de 20 vares ($16^{m},8$) et la longueur des galeries jusqu'aux puits de 250 vares (210 mètres). Ainsi les ouvriers chargés d'un poids de 125 livres parcouraient en une journée une distance de 5000 vares (4200 mètres), en s'élevant de 400 vares (336 mètres), et refesaient le même chemin à vide, c'est-à-dire que dans un jour ils faisaient $2\frac{1}{2}$ lieues, moitié pendant qu'ils étaient chargés ; l'autre moitié sans fardeau.

Le prix du triage est fixé de gré à gré. Les minerais sont divisés en différentes classes, dont les plus riches, la 1re, la 2e et la 3e, sont destinées à la fonte et les autres à l'amalgamation. Les ouvriers trieurs reçoivent un demi-réal par quintal de minerai ; mais de crainte qu'ils ne livrent des matières encore mélangées de gangues, d'autres ouvriers, qui reçoivent une piastre par jour, sont préposés à l'examen des minerais triés, et ils doivent rejeter tout ce qui ne peut pas se ranger dans la classe des minerais qu'ils doivent recevoir. Triage.

Ces ouvriers (*capitanes de quebradores*) sont eux-mêmes surveillés par les maîtres trieurs (*capitanes de pateo*).

Dépenses en matériaux.

Les ustensiles employés dans l'exploitation sont la source d'une dépense assez considérable et ils nécessitent la plus grande surveillance. Les consommations faites en 1833 dans la mine de Gallega pourront donner une idée des frais qui en résultaient :

Dans cette mine, on a employé pendant l'année :

384 quint. de poudre, à 50 piastres le quintal.
512 quint. de chandelles de suif à 10 piastres le quintal.
83 quint. de fer à 18 piastres le quintal.
64 $\frac{1}{2}$ quint. d'acier à 24 piastres le quintal.
30 $\frac{1}{2}$ quint. d'huile à 15 piastres le quintal.
34,500 sacs à 2 piastres 1 réal la douzaine.
1,018 douzaines de petites cordes, à 5 réaux la douzaine.
10 grandes poutres de bois de sapin, à 12 piastres chaque.
420 poutres de 1re classe pour le boisage (*Vigones*), à 2 p. $\frac{1}{4}$.
2,557 — 2e classe — (*Vigas*), 1 p. $\frac{3}{4}$.
1,367 — 3e classe — (*Viguetas*), à 7 r.
86 planches à 12 réaux chaque.
129 cuirs de bœuf pour les sacs de dessèchement, à 3 p.
4.895 fanegas (150 livres à peu près) de maïs, à 1 piastre la fanega.
2,325 quint. de paille à 1 piastre le quintal.
149 rames de papier à cartouches à 4 piastres chaque.
208 vares d'étoffes de laine pour les harnais des chevaux.
248 douzaines de petits paniers pour le triage des minerais, à 2 piastres la douzaine.

Le prix de ces matériaux contribue à faire hausser également les dépenses du traitement des minerais, soit par la fonte, soit par l'amalgamation.

Dans ce dernier procédé, on perd ordinairement 1 $\frac{1}{2}$ marc de mercure par marc d'argent produit. Le mercure vaut rarement moins de 72 à 75 pias-

tres le quintal, et souvent il est vendu à Zacatecas 100 piastres; il vaut même actuellement 140 piastres. Cette perte de mercure doit donc diminuer d'une manière très sensible les bénéfices du traitement par amalgamation, à mesure que la teneur des minerais en argent devient plus considérable.

Les poids, dont on se sert dans les traitemens métallurgiques des minerais, sont le *monton* qui, dans les ateliers d'amalgamation de Zacatecas, équivaut à 20 quintaux, et la *charge* (carga), poids de 3 quintaux, employé dans les fonderies.

En 1833, la seconde classe des minerais de Gallega produisait, dans la fonderie de Sanceda, 18 marcs 2 onces d'argent par charge ou 6 marcs $\frac{2}{3}$ par quintal. La troisième classe de ces minerais rendait 11 marcs 2 $\frac{1}{2}$ onces par charge, ou 3 marcs 6 $\frac{1}{6}$ onces par quintal, et les dépenses y étaient de 52 piastres 6 $\frac{1}{2}$ réaux par charge, ou 8 piastres 4 $\frac{5}{6}$ réaux par quintal, frais généraux compris. Rendement des minerais.

Les minerais de quatrième classe, traités par amalgamation, rendaient 37 marcs 5 $\frac{3}{4}$ onces par monton, soit 1 marc 7 onces $\frac{3}{4}$ par quintal; et les dépenses nécessitées par ce traitement étaient, en y comprenant les frais généraux, de 47 piastres 4 réaux par monton, ou 2 piastres trois réaux par quintal.

Enfin les minerais ordinaires donnaient 8 marcs 6 $\frac{5}{8}$ onces par monton, soit 3 $\frac{1}{2}$ onces par quintal; et les dépenses étaient de 23 piastres 1 $\frac{3}{4}$ réal par monton, ou 1 piastre 1 $\frac{1}{4}$ réal par quintal.

Bien que le mode d'exploitation employé dans les mines du Mexique diffère beaucoup de celui qui est usité en Europe, et qu'une description détaillée de ce procédé puisse présenter beaucoup de détails

intéressans pour les mineurs, je ne me livrerai cependant pas à ce travail qui m'écarterait du but que je me suis proposé, celui de donner quelques renseignemens sur le produit des mines de Veta-Grande.

En comparant la quantité d'argent produite par ces mines depuis 1826 avec les dépenses que son extraction a nécessitées, les personnes qui n'ont aucune idée de l'état des choses au Mexique, peuvent être fort surprises de voir que les bénéfices soient si modiques; nous avons déjà cité quelques-unes des causes qui élèvent si haut les frais de ces exploitations; on pourrait en trouver d'autres, dans la difficulté que l'on a à se procurer un nombre suffisant d'ouvriers pour ces travaux.

Causes du prix élevé de la main-d'œuvre.

Cette pénurie ne provient pas du manque de bras, mais elle résulte uniquement du peu de besoins absolus que ressentent les ouvriers et de leur penchant au luxe et au jeu. Ces dispositions les font accourir au travail, aussitôt qu'ils peuvent espérer de gagner des sommes assez considérables pour satisfaire leurs passions; mais ils abandonnent le travail, ou bien le restreignent à quelques jours, dès que le gain cesse d'être un appât assez puissant. Il leur suffit alors de gagner le strict nécessaire et ils passent le reste du temps dans l'oisiveté. Dans le climat heureux du plateau du Mexique, où, jusqu'à une hauteur de 6500 à 7000 pieds au-dessus de la mer, la température est, même en hiver, fort douce, l'homme n'est pas forcé de se construire des maisons solides pour se garantir du froid, comme dans les pays du nord; il a donc peu de besoins et rien, dans le beau pays qu'il habite, ne lui enseigne la prévoyance. Dans mes idées, c'est à la nature du climat qui

règne dans ces contrées qu'on doit principalement attribuer l'insouciance des ouvriers mexicains, qui ne songent qu'à jouir du présent, sans s'occuper aucunement de l'avenir.

Entraînés par un penchant irrésistible, ces ouvriers risquent en un instant au jeu le prix de leur travail de toute une semaine, et même leurs armes et leurs habits, et quand ils ont tout perdu, ils n'hésitent pas à aller emprunter à ceux qui le même jour leur ont compté une somme considérable pour prix de leurs travaux. S'il existe des mines voisines qui rivalisent pour avoir des ouvriers, on n'ose pas leur refuser cet argent; et bien qu'on leur impose en retour un certain travail, il est facile de concevoir que l'exploitation ne profite guère de ce travail forcé.

On ne peut espérer voir changer cet état de choses que lorsque la civilisation aura opéré quelque amélioration dans les mœurs de ce pays: les Mexicains ont de l'intelligence et de l'habileté naturelle, et dès qu'on aura réussi à diriger leurs facultés vers l'industrie, le commerce et les sciences, ils feront des progrès rapides dans cette nouvelle voie, et les avantages dont la nature a doté leur patrie ne resteront pas stériles entre leurs mains.

Jusqu'ici les guerres civiles, suite inévitable de l'état de dépendance que le Mexique a subi pendant trois siècles, se sont opposées aux progrès de la civilisation; mais une ère de paix et de tranquillité va bientôt commencer, et c'est alors que des lois sages permettront à ces belles contrées de jouir complétement des richesses que la nature y a entassées.

1. *Dépenses des mines de Veta-Grande depu*

ANNÉES.	MINE de Cata de Juanès.		MINE de Gallega.		MINE de Milanesa.		MINE de Urista.		MINE de Manias.	
	piastres.	r.	piastres.	r.	piastres.	r.	piastres.	r.	piastres.	r.
1826	»		»		1.168		52 971	6 4/8	48.552	0 4/8
1827	»		18.447	5	»		99.888	6 2/8	114.896	2 4/8
1828	»		113.688	2	»		49.655	7 1/8	150 720	1
1829	»		256.993	7 2/8	6 693	1 3/8	20.980	0 7/8	102.409	2 [illegible]
1830	»		351.314	7 2/8	18.706	7	»		88.855	0 [illegible]
1831	22.397		412.209	5 [illegible]	37.990	2 6/8	»		47.233	6 [illegible]
1832	67.553	0 4/8	393.154	3 [illegible]	25.032	5 6/8	[illegible]7.006	1 3/8	»	
1833	12.749	2 [illegible]	345.942	1 [illegible]	15 217	3 2/8	326		3.221	2
1834	1.003	2	110.950	6 4/8	2.328	4 [illegible]	1.993	6	493	
Total en 8 ans.	103.762	6 2/8	2.002.702	2 5/8	107.137	1 1/8	232.822	4 4/8	555.980	7 [illegible]

2. *Dépenses de l'amalgamation et de la fonte des minerais.*

ANNÉES.	ATELIERS d'amalgamation.		USINES.		TOTAL.		OBSERVATIONS.
	piastres.	r.	piastres.	r.	piastres.	r.	
1826	63.011	7 4/8	»		63.011	7 4/8	Pendant les premi années, les dépenses fonte n'ont pas été tées en compte disti on les a comprises les dépenses de l'ama mation.
1827	233.107		»		233.107		
1828	359.236	2 1/8	9.955		369.191	2 1/8	
1829	590.366	7 [illegible]	54 150	1 6/8	644.317	1 [illegible]	
1830	717.006	0 [illegible]	87.547	4 [illegible]	804.553	4 2/8	
1831	669.199	0 [illegible]	77.204	0 [illegible]	746 403	1	
1832	580.091	4 [illegible]	75.008	3 6/8	655.099	7 7/8	
1833	425.352	6 [illegible]	45.930	6 1/8	471.283	5 [illegible]	
1834	157.286	6 [illegible]	17.135	3 4/8	174.422	1 7/8	
Total.	3.794.750	2 1/8	366.931	5 1/8	4.161 389	7 6/8	

le mois de mai 1826, jusqu'à la même date en 1834.

MINE de la Concepcion		MINE de Pedro de Torrès et puits général.		MINES de l'Est.		DESSÈCHEMENT dans le puits général.		TOTAL.		OBSERVATIONS.
piastres.	r.	piastres.	r.	piastres.	r.	piastres.	r.	piastres.	r.	
23.964	4 4/8	4.356	5	119.138	4	21.000		270.751	4 4/8	Pendant les 8 premières années, les matériaux furent portés aux dépenses générales; mais depuis 1829, on les a portés aux comptes des mines et usines où ils ont été consommés; de là résulte l'augmentation des dépenses d'épuisement depuis cette époque.
55.384	7 4/8	694	2	2.576	4 4/8	36.000		327.888	3 4/8	
»		»		»		33 280		347.344	2 6/8	
»		»		»		65.266	1 7/8	452.342	5 6/8	
»		272	1	»		56.061	7 7/8	515.211	0 1/8	
»		1.703	6 7/8	»		38.610	3 1/8	560.144	7 6/8	
»		3.852	5 3/8	»		44.673	4 7/8	541.272	5 1/8	
6.545	1 1/8	19.024	6 7/8	»		74.652	2	477.679	2 7/8	
»		7.315	1 1/8	»		22.027	6	146.172	1 2/8	
85.895	2 1/8	137.219	3 4/8	121.715	0 4/8	391.572	1 7/8	3.638.807	2 2/8	

3. *Dépenses générales.*

ANNÉES.	SOLDES générales.		DIFFÉRENTES dépenses générales.		DÉPENSES totales de l'entreprise.		OBSERVATIONS.
	piastres.	r.	piastres.	r.	piastres.	r.	
1826	27.760	2 1/8	176 105	6 4/8	537.629	4 6/8	Les dépenses pour l'achat d'un atelier d'amalgamation, la construction d'un autre et de maisons, écuries, etc., fut de : 40.633 7 1/8 Piastres. 28 346 4 1/8 4 900 3 4/8 Total. 73 900 7 1/8 Mais comme cette somme se trouve encore dans les mains de la compagnie, on ne peut pas la considérer comme dépensée.
1827	22.996	0 5/8	170 996	2 5/8	754 967	6 4/8	
1828	34.157	2 1/8	142.180	1 3/8	892 873	0 6/8	
1829	40.609	3 6/8	135.169	3	1.284.956	5 4/8	
1830	31.250		48.122	6 2/8	1 400.118	3 3/8	
1831	34.989	4 2/8	63.516	2	1 405.053	7	
1832	42.236	2 3/8	51.140	6 5/8	1 289.749	5 1/8	
1833	38 767		57.348	3 1/8	1.045.078	3 1/8	
1834	13.301	6 4/8	16.295	5 1/8	350.191	7 4/8	
Total.	287.067	5 4/8	860.855	5 1/8	8.960.669	4 5/8	

4. *Extraction de minerais des mines de Veta-Gran*[illegible]

ANNÉES.	CATA DE JUANÈS.			GALLEGA.					MILANESA.		URIST[illegible]	
	3e cl.	4e cl.	ordin.	1re cl.	2e classe.	3e classe.	4e classe.	ordinaire.	4e cl.	ordin.	2e cl.	[illegible] cl
	q.	q.	quintaux.	qu.	quint.	quintaux.	quintaux.	quintaux.	q.	quint.	q.	q[illegible]
1826	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	39 1/4	19
1827	»	»	»	3	»	»	6 447	1.644	»	»	45	»
1828	»	»	»	»	1425	3.397 1/2	9.234	138.312	»	»	»	9
1829	»	»	»	»	1569	8.982	92.334	281.250	»	»	»	»
1830	»	»	»	»	1381 1/2	7.963 1/2	71.901	423 969	»	»	»	»
1831	3	297	3.469 1/2	4	801	7.656	43 695	468.301 1/2	378	1.017	»	»
1832	»	18	26.395 1/2	» 1/2	321	6 456	23.619	412.249 1/2	94	636	»	»
1833	9	»	21	4	237	4.674	20.739	354.981	»	285	»	»
1834	»	»	»	» 1/20	183	2.672	11.106	113.445	»	»	»	»
Total.	12	315	29.886	11 11/20	5917 1/2	41.802	279.075	2.194.152	472	1.938	84 1/2	28[illegible]

5. *Produit d'argent, sa valeur, droits auxquels i*[illegible] *nette pour l'entreprise.*

ANNÉES.	POIDS de l'argent avant de le couler en lingots.		PERTE d'argent par la fonte, par l'essai, etc.		POIDS NET de l'argent livré à la monnaie de Zacatecas.		POIDS de l'argent réduit au titre de 11 dineros.		VALEUR de l'argent à 8 1/4 piastres par marc au titre de 11 dineros.		DROITS PAYÉ[illegible] pour l'argent introduit à la monnaie.	
	marcs.	o.	marcs.	o.	marcs.	o.	marcs.	o.	piastres.	r.	piastres.	r[illegible]
1826	32.572	4	234	6	32.337	6	35.267	3 5/8	290.956	2 4/8	14 042	5
1827	65.873	3	416	7	65.456	4	71.379	7 3/8	588.882	3 [illegible]	27.737	1
1828	117.962	4	694	7 4/8	117.267	4 4/8	127.772	1 7/8	1.054.120	0 [illegible]	49.713	2
1829	236.698	2 1/8	956	3 5/8	235 741	6 4/8	255.049	1 4/8	2.104.156	1 4/8	99.123	4
1830	281.034	4 4/8	1.747	1 4/8	279.287	2 4/8	304.123	5 [illegible]	2.509.020	4 4/8	118.289	4
1831	274.147	5 4/8	2 054	3 4/8	272.093	2	296.269	1 5/8	2.444.220	1 [illegible]	115.134	7
1832	261.307	6	1.810	0 4/8	259.497	5 4/8	282.527	7 7/8	2.330.856	1 4/8	106.808	[illegible]
1833	210.909	1	1.616	5 4/8	209.292	3 4/8	227.930	0 7/8	1.880.428	7 4/8	88.590	5
1834	73 985	5 4/8	535	3	73.450	2 4/8	79.996	0 [illegible]	659.967	7 [illegible]	31.091	[illegible]
Tot	1.554.491	2 1/8	10 066	6 1/8	1.544.424	5	1.680.316	4 [illegible]	13.862.609	4 [illegible]	653.531	[illegible]

epuis le mois de mai 1826 *jusqu'à la même date en* 1834.

URISTA.		MASIAS.				MINES DE L'EST. (Concepcion, Alvarado, Gajuelos, Capucillo et Delgadillo.)				TOTAL DE L'EXTRACTION.
4e classe.	ordin.	2e cl.	3e cl.	4e classe.	ordin.	1re cl.	3e cl.	4e classe.	ord.	
quintaux.	quintaux.	q.	q.	quintaux.	quint.	q.	q.	quintaux.	qu.	quintaux.
17.763	9.339	«	17	24.667$\frac{1}{2}$	4.069$\frac{1}{2}$	3$\frac{1}{4}$	»	86.938$\frac{1}{2}$	4.083	146.939$\frac{1}{4}$
49.426$\frac{1}{2}$	23.739	33$\frac{1}{4}$	19$\frac{1}{4}$	90.553$\frac{1}{2}$	19.690$\frac{1}{2}$	1$\frac{1}{4}$	32$\frac{1}{4}$	40.050	5.877	237.562
20.695$\frac{1}{2}$	12.780	»	353$\frac{1}{2}$	123.492$\frac{1}{2}$	35.038$\frac{1}{2}$	»	»	»	»	344.737$\frac{3}{4}$
5 905$\frac{1}{2}$	1.659	»	9	64.812	9.780	»	»	»	»	466.300$\frac{1}{2}$
»	»	»	»	64.320	600	»	»	»	»	570.135
»	»	»	»	32.443$\frac{1}{2}$	501	»	»	»	»	558.567
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	469.789
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	380.950$\frac{2}{10}$
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	127.407
3.790$\frac{1}{2}$	47.517	33$\frac{1}{4}$	398$\frac{1}{4}$	400.289	69.679$\frac{1}{2}$	4$\frac{1}{2}$	32$\frac{3}{4}$	126.988$\frac{1}{2}$	9.960	3.320.388$\frac{1}{10}$

sujetti et sa valeur

VALEUR NETTE de l'argent.		DROITS extraordinaires et contributions payes sur l'argent.	
Piastres.	r.	piastres.	r.
276.913	5	»	
561.145	2$\frac{4}{8}$	»	
1.004.407	4$\frac{1}{8}$	»	
2.005.032	3$\frac{4}{8}$	47.475	5$\frac{4}{8}$
2.390.731		»	
2.329.085	1$\frac{3}{8}$	»	
2.221.048	1$\frac{1}{8}$	17.733	
1.791.838	2$\frac{1}{8}$	36.503	7$\frac{2}{8}$
628.876	4$\frac{4}{8}$	12.807	6$\frac{1}{8}$
13.209.078	2$\frac{6}{8}$	114.700	3$\frac{2}{8}$

5. *Différentes recettes de l'entreprise.*

POUR LA VALEUR des effets et materiaux existant à la fin de 1828.		POUR matériaux, effets et minerais vendus.		POUR GAIN sur le prix des materiaux et effets consommés.		TOTAL.	
piastres.	r.	piastres.	r.	piastres.	r.	piastres.	r.
»		11.171	6	»		11.171	6
»		26.766	7$\frac{4}{8}$	»		24.766	7$\frac{4}{8}$
».		25.132	4$\frac{5}{8}$	»		25.132	4$\frac{5}{8}$
210.373	6$\frac{6}{8}$	21.195	2	4 860		236.429	0$\frac{6}{8}$
»		3.387	3$\frac{4}{8}$	3.655	1$\frac{4}{8}$	7.042	5
»		8.895	0$\frac{2}{8}$	2.969	0$\frac{5}{8}$	11.864	0$\frac{7}{8}$
»		68.547	7$\frac{1}{8}$	11.302	2$\frac{2}{8}$	79.850	2
»		4.752	4	3.529	2	8 281	5
»		57[illegible]	0$\frac{4}{8}$	1.231	1$\frac{4}{8}$	1.806	2
210.373	6$\frac{6}{8}$	170.424	3$\frac{4}{8}$	29.547	0$\frac{4}{8}$	408.345	2$\frac{6}{8}$

NOTE

Sur l'emploi de l'air chaud dans les usines à fer.

Par H. BUFF et C. PFART.

(Annalen der Pharmacie, tome XIII, page 129, février 1835.)

L'air froid qui arrive dans les fourneaux doit être échauffé par le charbon jusqu'à une certaine température. Le combustible employé à produire cet effet est économisé, quand l'air traverse auparavant la flamme du gueulard et se trouve porté ainsi à une température de 300° ou 400°. Mais on trouve par le calcul que cette économie ne peut pas s'élever à plus des $\frac{1}{13}$ de la consommation totale, et il n'y a d'ailleurs aucune raison de croire que la quantité et la qualité du fer en soient augmentées. Il était possible que ce mode de procéder mît en jeu de nouvelles affinités chimiques; c'est ce que nous nous sommes proposé de vérifier.

A cet effet, nous avons pris un tube de verre de 4 pieds de long et de 6 lignes de diamètre, dont le quart de la longueur était rempli de petits morceaux de charbon; à l'une de ses extrémités (la plus éloignée du charbon) on a adapté un soufflet; à l'autre, un tube qui se rendait sous une cloche remplie de mercure. On a entouré le tube de charbons incandescens, dans une première

expérience, sur la partie seulement qui contenait les petits morceaux de charbon, et dans toute sa longueur dans une seconde expérience, et dans les deux cas, on a fait passer un courant d'air à travers. Le gaz reçu dans la cloche graduée, puis absorbé par de la potasse caustique, a donné le volume de l'acide carbonique formé, qui dans les deux expériences a été de 18 à 21 pour 100 d'air.

Dans deux tubes analogues au précédent, on a introduit une quantité déterminée de charbons secs; on a mis successivement chacun des tubes en communication avec un gazomètre qui donnait un courant d'air uniforme, puis on les a chauffés jusqu'au rouge, l'un seulement dans la partie qui contenait les petits morceaux de charbon, l'autre dans toute sa longueur, de telle sorte que dans celui-ci l'air, avant d'arriver au charbon, était déjà échauffé. Dans les deux expériences, conduites immédiatement l'une après l'autre, on a fait passer dans les tubes 14.000 cent. cub. d'air à 20° (correspondant à 13.023 cent. cub. à 0°). Par l'air froid on a brûlé 1.451 g. de charbon, et par l'air chaud 1.466 g.

13.023 c. c. d'air contiennent 3.729 g. d'oxigène, qui suffisent pour transformer 1.425 de charbon en acide carbonique.

Ces recherches prouvent assez que la combustion avec l'air froid ne favorise pas particulièrement la formation de l'oxide de carbone, et ne développe pas les actions chimiques qui procurent les avantages qu'on retire de l'emploi de l'air chaud.

Les mêmes tubes qui avaient servi aux recherches précédentes ayant été remplis de nouveau de

charbon en quantité déterminée, et ayant été placés dans une position inclinée en communication avec une cheminée tirant bien, on a chauffé jusqu'au rouge, l'un des deux dans sa partie supérieure seulement, l'autre dans toute sa longueur, puis on les a ouverts en même temps, et après avoir laissé passer le courant d'air pendant une heure à travers les deux tubes, on les a fermés de nouveau en même temps et pesés. Toutes les fois que nous avons répété ces expériences, nous avons toujours trouvé que par l'emploi de l'air froid il y avait beaucoup plus de charbon consommé (quelquefois jusqu'à moitié plus) qu'en employant de l'air échauffé : circonstance qu'on ne peut expliquer que par la moins grande quantité d'air qui passe dans le tube chauffé, par suite de l'élévation de sa température, ce qui s'accorde avec la théorie, comme nous le verrons plus tard. Nous devons en outre faire remarquer que, dans les deux tubes, les charbons s'embrasent avec la même rapidité, mais que dans le tube alimenté à l'air froid la combustion se répand sur la plus grande partie du combustible, tandis que dans l'autre tube elle se concentre sur les premiers charbons où elle est alors extrêmement vive, et s'effectue avec un bien plus grand dégagement de lumière.

Nous croyons devoir tirer de là les conclusions suivantes : l'air froid en passant sur les charbons rouges ne peut pas servir immédiatement à la combustion ; il est indispensable qu'il soit d'abord élevé à une certaine température. Il faut pour cela un certain temps, pendant lequel il continue à s'avancer dans le tube. Il résulte delà que non-seulement alors l'oxigène de cet air se trouve en

contact avec une plus grande quantité de charbon que cela n'aurait lieu s'il pouvait servir immédiatement à l'alimentation des substances combustibles, mais encore qu'il peut arriver qu'une partie de cet oxigène s'échappe sans avoir servi, comme cela a lieu sans exception dans tous les fourneaux en général.

L'air chaud au contraire qui, à son entrée dans le fourneau, possède la température convenable pour la combustion, la détermine avec une grande intensité. La chaleur se trouve alors concentrée dans des limites très resserrées et elle est même considérablement augmentée, parce que l'azote qui résulte de la combustion en absorbe une beaucoup moindre quantité.

Si donc la condition du fourneau est de produire la plus haute température possible, il est évident qu'il faut y employer l'air échauffé de préférence à l'air froid : et c'est d'autant plus le cas pour les hauts-fourneaux que tout l'oxigène qui s'élève du creuset sans avoir été consommé, se trouvant en contact dans toute la hauteur avec du charbon incandescent, il en résulte nécessairement une consommation considérable de combustible dépensé en pure perte. Cette théorie se trouve confirmée par les observations suivantes faites en grand.

Dans un cubilot où l'air froid avait été remplacé par de l'air échauffé, la tuyère devint très brillante; on ne voyait plus passer sous le vent de morceaux de fonte imparfaitement fondus, comme cela arrivait souvent avec l'air froid; au contraire, la fonte tombait sous forme d'une pluie formée de gouttelettes brillantes : elle était grise, à cassure grenue et fine, et très propre au moulage. Les

produits obtenus jusque là avec l'air froid étaient moins propres au moulage et se rapprochaient davantage de la fonte mêlée; le déchet était aussi une fois plus considérable qu'avec l'air chaud. Tous ces phénomènes indiquent assez que, dans le nouveau mode, la température du fourneau était considérablement élevée, et que l'oxigène de l'air se consommait en totalité, presqu'à son entrée dans le fourneau.

Dans le travail à l'air chaud, la quantité de graphite est tellement augmentée, que pendant le puisement de la fonte, ou même aussitôt que la couche de laitier qui se trouve dans l'avant-foyer a été enlevée, le courant d'air projette au dehors des écailles de graphite, qui recouvrent tous les objets environnans. Ce graphite provient, comme on pouvait facilement s'en assurer, de la masse de fonte en fusion; il paraît donc qu'à la haute température du fourneau résultant de l'emploi de l'air chaud, le fer se combine avec une quantité de charbon plus considérable, qu'il abandonne ensuite en partie en se refroidissant, et qui se sépare en écailles cristallines comme un sel qui se précipite de sa dissolution dans l'eau.

De toutes les observations qui ont été faites, soit dans les cubilots, soit dans les hauts-fourneaux, il résulte qu'en employant l'air chaud les charges descendent plus lentement, ou qu'en d'autres termes, pendant le même temps il se brûle une moins grande quantité de charbon, nonobstant la plus grande élévation de la température, et quoique l'air soit lancé dans le fourneau en même quantité et à la même pression.

Nous avions été conduits à la même conclusion par nos recherches en petit, ainsi que nous l'avons

fait remarquer. Ce résultat est la suite nécessaire de ce fait, que la quantité d'air qui arrive dans le même temps est bien plus petite en poids, lorscet air est échauffé que lorsqu'il est froid.

MÉMOIRE

Sur les machines à colonne d'eau de la mine d'Huelgoat, concession de Poullaouen (Finistère);

Par M. JUNCKER, Ingénieur des mines.

S'il est peu de mines où l'épuisement des eaux souterraines présente autant de difficultés qu'à celle d'Huelgoat, il n'y en a pas où l'on ait fait plus de travaux et de sacrifices pour surmonter cet obstacle, si constamment opposé aux entreprises des mineurs. Introduction.

Ces difficultés, qui résultent principalement de l'excessive abondance des sources, sont encore aggravées par quelques causes secondaires, parmi lesquelles je citerai la nature vitriolique des eaux et la disposition du gîte du minerai.

On conçoit que l'abondance des filtrations puisse toujours être combattue par un déploiement convenable de force motrice, en admettant toutefois que l'importance de l'exploitation justifie les dépenses toujours considérables auxquelles donnent lieu la construction et l'entretien de puissantes machines.

La situation topographique de la mine d'Huelgoat, par un rare bonheur, est éminemment favorable à l'établissement de telles machines et à l'emploi d'un moteur naturel. Il semblerait que la réunion en ce lieu de grandes richesses minérales, avec toutes les circonstances à la fois les

plus heureuses et les plus difficiles pour leur exploitation, est une combinaison toute providentielle par laquelle les hommes ne sont appelés à jouir du bienfait qu'à la condition d'y appliquer toute leur sagacité et un travail opiniâtre.

La contrée d'Huelgoat est très accidentée; des vallons nombreux et profonds la sillonnent en tous sens, et servent de lit à des cours d'eau plus ou moins considérables, qui se jettent dans une vallée principale où coule la rivière *d'Aulne* (1).

En détournant quelques-uns de ces cours d'eau et les amenant, avec une pente ménagée, le long des coteaux jusqu'à celui dans lequel s'enfonce le filon d'Huelgoat, il a donc été possible de créer des chutes très notables, et de les augmenter encore par le percement de longues galeries d'écoulement.

Force motrice disponible.

Par un premier canal de déviation de 300 mètres de développement, on s'est procuré une chute de 24 mètres, qui a suffi aux premiers besoins de l'exploitation et de la préparation mécanique; une galerie d'écoulement poussée jusqu'au centre des travaux, selon la direction du filon, complétait cette installation transitoire. Mais bientôt ayant senti le besoin d'une force plus grande, on a con-

(1) M. l'ingénieur en chef d'Aubuisson a publié, dans le *Journal des Mines*, tomes XX et XXI, sur Poullaouen et Huelgoat, divers mémoires descriptifs, qui donnent, sur la constitution physique et géographique du pays, sur l'exploitation, et particulièrement sur les machines d'épuisement de ces mines, des détails circonstanciés et de la plus scrupuleuse exactitude. Mais, comme sa visite remonte à l'année 1806, il n'a pu rendre compte de divers objets qu'on y remarque aujourd'hui, et notamment de la machine intermédiaire dont il sera fait mention ci-après.

struit un nouveau canal de 6.400 mètres de longueur, à 26 mètres au-dessus du premier. En même temps il a été percé une nouvelle galerie d'écoulement, ayant son embouchure 16 mètres plus bas que l'autre. Enfin, un ancien étang très vaste qui reçoit d'abondans ruisseaux (1), fut acquis et disposé pour alimenter les canaux et servir de régulateur à l'eau motrice dans la saison de sa moindre abondance.

La force motrice dont on s'est assuré par ces travaux d'art, consiste : 1° pour le canal supérieur, en une masse d'eau qui, dans les années ordinaires, varie de 12 à 28 mètres cubes par minute, tombant de 66 mètres de hauteur, ou moyennement 1.320 mètres cubes tombant d'un mètre; 2° pour le canal inférieur, alimenté par le trop plein du premier et par quelques affluens particuliers, en 2 à 8 mètres cubes, avec une chute de 40 mètres, ou 200 mètres cubes à 1 mètre de hauteur.

Cette force énorme de 1.520 unités dynamiques n'était pas intégralement dépensée par les machines d'épuisement : la préparation mécanique des minerais en absorbait une quantité notable; une autre partie plus considérable était perdue par suite de différens vices dans la distribution et

(1) Ces ruisseaux deviennent pendant l'hiver de véritables torrens, qui versent par minute plusieurs centaines de mètres cubes d'eau dans l'étang. J'ai vu celui-ci rempli de fond en comble à la suite d'un fort orage. Trois ouvertures pratiquées dans la chaussée suffisent à l'écoulement de l'eau, quelle qu'en soit la quantité. Savoir : un aquéduc pour le service d'un moulin et de la mine, un large pertuis de vannes, enfin, un vaste déversoir de superficie.

le nivellement des chutes, ou par des pentes exagérées dans les aquéducs et les coursiers.

Ancien système d'épuisement.

L'ancien système d'épuisement comprenait trois belles machines à tirans, très bien construites, et mues par des roues hydrauliques, échelonnées les unes au-dessous des autres, sur le flanc de la montagne où est située la mine.

Les eaux du canal supérieur tombaient d'abord sur une première roue à augets de 13 mètres de diamètre, puis sur une seconde de 11 mètres; réunies ensuite à celles amenées par le canal inférieur, elles faisaient mouvoir la troisième roue de 13 mètres de diamètre. Cette même masse d'eau passait enfin au service des laveries et de deux bocards successifs, et se déchargeait dans le ruisseau qui coule au fond du vallon; ce confluent est encore élevé de 15 mètres au-dessus du sol de la galerie d'écoulement la plus profonde. Cette chute avait été laissée tout-à-fait oisive.

Je n'entreprendrai point la description détaillée de ces machines, parce qu'elle m'entraînerait trop loin de mon sujet, et que d'ailleurs elle ne saurait être un renseignement utile pour personne. Je crois devoir cependant donner un aperçu des parties principales dont elles se composent, indiquer l'effet utile qu'elles rendent et faire ressortir les défauts et les inconvéniens qu'elles présentent. On comprendra mieux ainsi les motifs qui ont dû décider la suppression à Huelgoat de ces grands appareils mécaniques, auxquels d'ailleurs l'art des mines devrait renoncer à tout jamais, partout du moins où il n'est pas indispensable d'y avoir recours.

La direction du filon et la disposition des colonnes métallifères sont malheureusement telles

que les travaux d'exploitation ont fui sans cesse la côte sur laquelle les roues hydrauliques ont été échelonnées. C'est ainsi que les puits principaux, établis en général pour servir en même temps à l'extraction du minerai et à l'épuisement de l'eau, ont dû être placés à des distances de plus en plus grandes des points où la puissance motrice pouvait être développée : ces distances sont respectivement de 104, 400 et 650 mètres pour les roues inférieure, supérieure et intermédiaire.

La transmission de l'action de la puissance jusqu'aux pompes, distribuées dans les trois puits, s'opérait au moyen de longs attirails de tirans de bois, assemblés, soutenus, guidés, équilibrés et mus par les moyens connus.

La machine intermédiaire présentait au jour un double attirail de 641 mètres de longueur, brisé ou articulé cinq fois pour suivre les accidens du terrain, éviter les obstacles et descendre dans le puits situé sur le revers opposé de la montagne.

Les quatre lignes de tirans des deux autres machines étaient au contraire entièrement souterraines ; deux vastes galeries avaient été percées pour les recevoir et les conduire jusqu'au puits où elles se brisaient à angles droits, au moyen de varlets ou croix, et se terminaient en maîtresses tiges verticales.

Tous ces attirails formaient ensemble une longueur développée de 3.750 mètres, et mettaient en jeu 59 pompes basses en bois, étagées de 10 en 10 mètres, et distribuées selon les nombres 22, 16, 21, entre les trois machines inférieure, intermédiaire et supérieure. Ces deux dernières seules puisaient l'eau dans le fond de la mine pour la verser dans une galerie de moyenne profondeur,

où elle était reprise par la première et élevée jusqu'à la galerie d'écoulement.

Effet utile des anciennes machines.

Des expériences faites avec soin, répétées de plusieurs manières et fondées sur le jaugeage des eaux souterraines et motrice, ont démontré que le rapport qui exprime l'effet utile de ces machines est représenté par la fraction 0,23 pour la première, par 0,18 pour la seconde, et 0,21 pour la troisième.

Ces résultats sont bien au-dessous de ceux qu'on a trouvés dans d'autres localités pour des machines du même genre. Il est vrai que le plus souvent l'effet utile, et particulièrement le premier terme du rapport qui le constitue, n'a pas été *mesuré* comme ici, mais seulement *calculé* d'après la course et le diamètre du piston, et l'on sait combien ce mode est vicieux, surtout quand les pompes sont d'une grossière exécution, très multipliées, et souvent de diamètres inégaux.

Quoi qu'il en soit, j'admets notre infériorité, et sans chercher à poursuivre une comparaison dont les premiers élémens me manquent, je me contenterai d'indiquer succinctement les causes principales qui concouraient à diminuer les produits effectifs de nos anciennes machines et à augmenter les dépenses de leur entretien. Ces causes sont :

1° La masse immense des attirails, leur complication, leurs brisemens répétés, et partant, les résistances qu'ils opposent au mouvement alternatif qu'il faut leur imprimer (1).

(1) Dans une expérience faite par M. Baillet, il a été constaté que la machine intermédiaire marchant à vide avec son attirail, mais sans les pistons des pompes, consommait les $\frac{3}{5}$ de la quantité d'eau qu'elle exigeait pour

2o L'acidité des eaux (chargées de sulfate de peroxide de fer), dont l'effet est de détruire rapidement les garnitures et clapets de cuir, et d'attaquer assez vivement aussi les ferremens des attirails, et particulièrement les tiges des pompes. De là la nécessité de changemens fréquens, et par suite de suspensions dans le travail utile des machines; ces suspensions partielles s'ajoutent à celles qui résultent des ruptures assez fréquentes et des séparations dans les lignes de tirans.

3°. L'emploi de corps de pompes en bois commandé aussi par la nature vitriolique des eaux. Ces pompes se déformant et s'agrandissant incessamment, il arrive que les pistons joignent presque toujours mal, et que dans une même colonne la quantité d'eau élevée n'est jamais que celle qui correspond à la pompe la plus petite ou à celle qui est le plus mal garnie.

4°. La grande vitesse que l'on est obligé de donner aux roues pour que ces mauvaises pompes produisent un effet passable.

5°. Le peu de hauteur et le grand nombre des répétitions de pompes, ce qui multiplie les résistances provenant des pistons et clapets. D'ailleurs, dans ces sortes de pompes, les tuyaux d'aspiration qui en occupent les deux tiers de longueur ne peuvent avoir qu'une petite section intérieure, que des dépôts de sous-sulfate de fer tendent encore à rétrécir; de là de nouvelles résistances dues

---

marcher à charge avec la même vitesse de six tours par minute. Il n'y a donc dans cette machine que les $\frac{2}{7}$ de la force motrice qui soient employés à faire agir les pompes et à vaincre les frottemens et résistances qui naissent de cette action.

à une excessive accélération dans le mouvement de l'eau, qui parcourt dans ces tuyaux jusqu'à 9 et 10 mètres par seconde.

Tels étaient les vices et les inconvéniens principaux attachés à l'ancien système d'épuisement. On peut y joindre l'obligation d'entretenir une longueur de 660 mètres de galeries entièrement étançonnées avec des bois de fortes dimensions; deux grands puits, boisés aussi, d'une profondeur totale de 400 mètres. Enfin 140 mètres de canaux et coursiers en bois, tous objets uniquement affectés au service des machines.

La rareté toujours croissante, dans le pays, des bois de construction propres aux réparations des machines et des boisages, doit aussi être mentionnée ici.

Nécessité d'un changement radical de système d'épuisement.

Les considérations précédentes qui établissent tout le désavantage dynamique et font deviner les énormes dépenses d'entretien d'un pareil système, expliquent suffisamment comment la pensée de lui en substituer un autre plus efficace et moins onéreux a dû se former promptement dans mon esprit.

On objectera peut-être qu'avant d'en venir à un changement radical, il eût été convenable d'essayer de corriger autant que possible les graves défauts dont il vient d'être question. Cette idée, qui m'était en effet venue tout d'abord, a été l'objet d'un examen sérieux; j'ai cherché quels seraient les perfectionnemens qui pourraient nous conduire à des résultats, sinon satisfaisans, du moins sensiblement meilleurs; j'ai songé, par exemple, à l'emploi de pompes hautes, ou même seulement de pompes basses munies de corps en cuivre. Mais je me suis bientôt convaincu que

toutes dispositions qui n'auraient pas pour objet de placer l'appareil moteur près des pompes à mouvoir, ne pourraient être considérées que comme des demi-mesures insuffisantes pour assurer l'avenir de l'exploitation, et diminuer notablement les dépenses relatives à l'épuisement. Celles-ci s'élevaient par an à la somme énorme de 40.000 fr., et constituaient ainsi pour la mine une véritable plaie, à laquelle il était d'autant plus urgent de porter un remède prompt et énergique, que l'exploitation se trouvait alors dans la situation la plus critique.

En effet, dès 1816, sept ans seulement après l'achèvement de la machine intermédiaire (qui avait coûté plus de 120.000 fr.), les machines ont cessé de suffire à l'épuisement des sources; les eaux ont envahi, et constamment couvert depuis, le fond des travaux où se trouvaient alors les seuls massifs de minerais qui restassent à exploiter dans ce filon jadis si riche.

La conséquence immédiate d'un tel état de choses aurait été l'abandon immédiat de ce bel établissement, si l'on n'avait pas fait à la même époque une découverte heureuse (1), qui, en pro-

(1) Une recherche, poussée obliquement à la direction du filon (qui est N. S.) que l'on avait terminé ou perdu dans le schiste du côté du midi, a fait voir qu'il n'avait été que dérangé ou rejeté parallèlement à lui-même d'environ 28 mètres à l'ouest par une faille ou filon croiseur. Le rejet a eu lieu ici, par exception à la règle générale, du côté de l'angle aigu formé par les deux lignes de direction. M. d'Aubuisson avait pressenti et pour ainsi dire indiqué cette déviation dès 1806, dans son mémoire déjà cité sur la mine d'Huelgoat, et il est bien extraordinaire que l'on ait attendu plus de dix ans pour se décider à faire

curant un nouveau champ d'exploitation à une moyenne profondeur, donna le temps de combiner et d'exécuter un système d'épuisement plus avantageux.

Il ne fut donc plus question d'abandon; on songea sérieusement au contraire à consolider l'avenir de l'exploitation par tous les moyens, toutes les ressources que présentent aujourd'hui les sciences des mines et des machines. Quoique je ne fusse chargé que depuis peu de temps de la direction de l'établissement, je présentai mes vues sur cet objet important, tout en engageant les concessionnaires à se méfier de mon noviciat et à s'en référer aux lumières d'un homme plus expérimenté et plus versé que moi dans l'examen de ces sortes de questions.

Enquête sur la question de l'épuisement, par M. Baillet

Monsieur l'inspecteur général Baillet voulut bien accepter cette mission, et c'est dire qu'elle fut remplie avec un soin consciencieux et de façon

---

un travail si important, si peu dispendieux et d'une opportunité si évidente. On ne peut expliquer ce retard que par le défaut de lumières des personnes placées alors à la tête des travaux, et par la mauvaise administration centrale de l'ancienne compagnie qui, du fond de son bureau de Paris, voulait dicter les moindres ouvrages d'art. Cette recherche, qui était commencée lors de mon arrivée à l'établissement, a été continuée avec persévérance; d'autres à divers étages l'ont suivi, en sorte que maintenant le filon est exploré souterrainement sur une longueur de plus de 400 mètres, et à la superficie sur une étendue au moins aussi considérable. Il est productif et intact sur une grande partie de cette longueur de 400 mètres. Ces travaux ont eu malheureusement aussi pour conséquence une augmentation notable et progressive des eaux de filtration, et ont ainsi ajouté de nouvelles difficultés à l'épuisement.

à ne laisser rien à désirer. Pour ma part, j'y ai trouvé l'indicible satisfaction de voir mes débuts dans la carrière guidés par un tel maître, et mes premières idées sanctionnées par une telle autorité.

Les conclusions du rapport de M. Baillet, en tout conformes à celles que j'avais moi-même présentées, comprenant implicitement la nécessité de recourir à un appel de fonds considérable, amenaient dans la question une difficulté nouvelle et sérieuse.

La compagnie des anciens concessionnaires, découragée par des bénéfices insignifians, et même par des pertes répétées, ne se souciait pas d'engager de nouveaux capitaux dans une entreprise et des projets d'amélioration dont le succès lui paraissait encore problématique. Heureusement il se trouva dans son sein trois membres plus éclairés et plus confians dans les ressources que la nature et l'art leur offraient de concert; encouragés par l'avis favorable de M. Baillet, ils résolurent de racheter les intérêts de leurs collègues, et, moins timides qu'eux, de fournir seuls les fonds reconnus nécessaires pour le roulement de l'établissement et pour faire face aux dépenses extraordinaires que les changemens projetés allaient occasioner.

L'administration financière, jusqu'alors négligée, fut confiée à l'un des associés, M. Drouillard, dont l'habileté et l'intelligence des affaires industrielles sont bien connues et généralement appréciées. Le succès le plus complet a couronné nos efforts communs, et c'est un nouvel exemple, sur une petite échelle à la vérité, de la force productive qu'engendrent toujours dans les opérations d'industrie un accord parfait, une complète unité

de vues, une confiance réciproque entre les hommes de l'art et les capitalistes.

Machines à colonne d'eau proposées.

La nécessité bien manifeste de recourir à des appareils mécaniques plus puissans et plus simples que les anciens, sous la condition de ne créer aucune force motrice nouvelle, nous a conduits, M. Baillet et moi, à proposer l'emploi de machines à colonne d'eau. Tel a été aussi le vœu de presque toutes les personnes de l'art, et particulièrement de MM. Beaunier et Gallois, qui ont visité la mine d'Huelgoat, examiné la disposition des travaux intérieurs, et admiré les chutes d'eau que la configuration du terrain a permis d'y établir.

Notre conseil toutefois a été plutôt dicté par la conviction du mérite théorique de ces machines et le sentiment de leur perfectibilité, qu'appuyé sur la connaissance positive de leurs effets, et la certitude d'une supériorité pratique bien constatée.

Imperfection des anciennes machines à colonne d'eau.

Il y a plus, cette supériorité devait paraître fort douteuse pour quiconque venait à examiner les causes de la rareté des applications ou de l'abandon de ces machines dans quelques localités, ainsi que les documens peu nombreux et fort incomplets, il faut en convenir, qui en font mention et qui se trouvent dans les ouvrages de Délius, Forber, Jars et Duhamel, Héron de Villefosse.

On reconnaît bientôt, en effet, que ces machines sont restées dans leur enfance et entachées des plus graves hérésies d'hydraulique rationnelle; qu'enfin, sous le rapport de l'exécution, elles n'ont point participé aux immenses progrès que l'art du mécanicien a faits depuis vingt ans.

L'une des machines à colonne d'eau de l'atlas de M. Héron de Villefosse fait cependant exception à cette immobilité; en la comparant aux

trois autres, ainsi qu'à celle de l'ingénieur hongrois Hoëll, toutes excessivement compliquées, on ne saurait y reconnaître une grande simplification et d'heureuses innovations.

Cette machine a été construite aux salines de Bavière, par M. de Reichenbach, qui ne s'en est pas tenu à ce premier projet. En 1817 il en a établi deux autres de la même espèce, mais beaucoup plus parfaites, et dont le renom est heureusement parvenu jusqu'à moi, au moment même où j'étais en quête de lumières sur l'important travail qui allait m'être confié. Machines à colonne d'eau de Bavière.

C'est à cette voie d'améliorations que j'ai dû rattacher et mon projet et mes espérances de succès. J'ai donc abandonné jusqu'à la tradition des machines informes de Hoëll, usitées aujourd'hui encore en Hongrie, en Bohême, et je me suis hâté d'aller étudier en Bavière les appareils nouveaux qui ne m'étaient encore connus que par la description fort incomplète d'un voyageur, d'ailleurs peu compétent en pareille matière.

Qu'il me soit permis, avant d'aller plus loin, de payer ici un juste tribut de reconnaissance et de regrets à la mémoire de M. de Reichenbach, qu'une mort subite a prématurément enlevé à son pays et à l'Europe savante. Non content de m'accueillir avec cette bienveillance germanique si justement renommée, et de me procurer toutes facilités pour l'étude de ses machines, il a bien voulu encore m'ouvrir, avec le plus généreux abandon, les trésors de sa science, et me diriger dans la combinaison des principaux élémens mécaniques de mon projet, qui, par ses difficultés et son importance, lui avait paru digne d'une sérieuse attention. M. de Reichenbach.

Un tel accueil, fait à un étranger que recommandait seulement son ardeur pour les sciences et pour le progrès des arts utiles, est bien digne d'un de ces esprits supérieurs qui n'admettent ni individualité ni nationalité dans les conquêtes de l'intelligence humaine.

M. de Reichenbach était organisé de la manière la plus étonnante pour les arts mécaniques. Son génie, trop long-temps comprimé dans la position obscure qui a marqué l'origine de sa carrière, s'est enfin révélé dans la construction d'instrumens d'astronomie d'une étonnante perfection, dont il a pourvu les principaux observatoires de l'Europe. Ces premiers succès, qui le firent connaître dans le monde savant, attirèrent sur lui l'attention et la bienveillance du feu roi Maximilien, qui ordonna de déférer à sa profonde sagacité la solution d'une question d'art du plus grand intérêt pour les finances de Bavière, et devant laquelle avaient reculé des capacités d'un haut renom en Allemagne.

Le projet présenté par M. de Reichenbach pour la solution de cette question est tellement remarquable, si peu connu en France et pourtant si digne de l'être, que l'on me saura quelque gré, que l'on me pardonnera tout au moins de prolonger encore un peu la digression dans laquelle je viens d'entrer, pour en rendre un compte succinct. Les hautes conceptions de l'esprit, les œuvres du génie dans les arts industriels surtout, ne sauraient être trop répandues, car tout en augmentant le domaine de ses idées, elles tendent à exciter chez l'homme les facultés créatrices dont il est doué.

Les importantes salines qui existent dans la partie méridionale du royaume de Bavière, au milieu des dernières ramifications des Alpes ty-

roliennes, sont alimentées par des sources salées à Reichenhall, et par une mine de sel gemme située dans la vallée de Berchtesgaden, non loin de celle de Hallein (Saltzbourg).

Autrefois on tirait le sel de cette mine sous deux états différens; soit en dissolution saturée, soit en roche, dans les proportions déterminées par diverses circonstances financières et commerciales. L'eau salée extraite de la mine était évaporée sur place par les moyens connus; le sel en roche, transporté à Reichenhall, y subissait une purification par dissolution dans l'eau de sources salées à bas titre, qui se trouvaient de là sorte enrichies et utilisées.

Mais le transport de ce sel gemme, quoique plus avantageux que celui du combustible, qui n'est pas très abondant dans l'étroite vallée de Berchtesgaden, était cependant fort coûteux; il le devint encore davantage, lorsque, par suite de la délibération nouvelle des états de Bavière, en 1814, la frontière autrichienne vint empiéter sur la route qui établissait la communication la plus courte et la plus facile entre les deux usines.

C'est pour remédier à des circonstances aussi fâcheuses, qui tendaient à frapper d'inertie une richesse minérale considérable, pour s'affranchir d'un transit onéreux et créer de nouvelles voies entre les salines, ainsi que de nouveaux débouchés à leurs produits, que l'on fit appel au génie inventif de M. de Reichenbach.

Machines à colonne d'eau employées au transport du sel.

D'après son plan, l'ancien système fut complétement changé; on cessa de transporter le sel à l'état solide, on donna, au contraire, une plus grande extension à la méthode d'exploitation par dissolution, et c'est à l'état liquide, dans des

tuyaux de conduits, avec le secours de deux puissantes machines à colonne d'eau, que le sel fut expédié par delà les montagnes abruptes qui séparent Berchtesgaden de Reichenhall. En même temps on construisit, à force d'art et au milieu des plus grands obstacles, une nouvelle route qui, traversant les mêmes défilés que les tuyaux, affranchit pour jamais la Bavière de la fâcheuse servitude qui lui avait été imposée par les traités de 1814.

Disons ici, en passant, que ces deux machines de transport sont admirables de simplicité, de perfection et de hardiesse; l'une d'elles, placée en un lieu nommé Illsang, et mue par une chute d'eau de plus de 100 mètres, refoule l'eau saturée de sel, d'un seul jet, à une hauteur verticale de 355,7 mètres.

L'eau salée, ainsi transvasée d'une vallée dans une autre, ne s'arrête pas tout entière à Reichenhall; elle y est mêlée avec l'eau des sources à faible titre, qui a été préalablement concentrée sur des bâtimens de graduation; une partie de ce mélange, portée à une teneur moyenne et constante de 20 pour 100, est traitée sur place; le surplus est expédié plus loin, vers deux autres établissemens d'évaporation créés à Trauenstein (1) et à Rosenheim, sur l'Inn.

Il presque inutile de dire que cette répartition de l'eau salée entre quatre points qui s'étendent

(1) La saline de Trauensteín existait depuis long-temps; elle a seulement reçu un grand accroissement, par suite de l'exécution du vaste plan de M. de Reichenbach.

des bords de la Salza jusqu'à l'Inn, si éminemment favorable sous le rapport commercial, a été commandée par la nécessité de s'assurer d'un approvisionnement suffisant et constant de combustible, en y faisant contribuer une grande étendue de pays forestiers. La consommation de bois ne peut être en effet que très considérable pour obtenir les 75.000 quintaux de sel qui formaient le produit des salines de Bavière en 1822.

Le transport de la dissolution saline de Reichenhall à Rosenheim, en raison des nombreux accidens d'un terrain montueux, a exigé le secours de onze autres machines hydrauliques, dont sept sont à colonne d'eau. L'eau motrice pour toutes ces machines a été amenée à grands frais par des rigoles, qui ont jusqu'à 5.000, 6.000, et même en deux points 11.000 mètres de longueur.

Conduite d'eau salée de 27 lieues de longueur.

Ainsi, dans cette gigantesque entreprise, qui a reçu son entière exécution en 1817, l'eau salée est élevée à 1035 mètres à quatorze reprises différentes, au moyen d'un nombre égal de pompes foulantes, mues par neuf machines à colonne d'eau et cinq roues à augets. La conduite que la dissolution parcourt offre un développement de tuyaux d'une longueur de 109.164 mètres, ou 27 lieues de poste (1).

Les tuyaux sont généralement en bois, et ont 0^{m},097 de diamètre intérieur; cependant on les a

(1) Il ne se perd pas une goutte d'eau dans cet immense parcours; on s'en assure sans cesse par une surveillance active, et surtout au moyen d'ingénieuses dispositions de jaugeage adaptées non-seulement aux deux extrémités de la conduite, mais encore en 18 points intermédiaires,

faits en fonte partout où il y avait pression, comme dans les colonnes montantes des pompes, les traversées de vallons, passages de rivières, etc.

Je ne puis malheureusement pas m'étendre plus long-temps sur les détails d'exécution de cet immense travail, je dirai seulement que tout y est parfait, et que partout, dans ces magnifiques

---

occupés par des gardiens ou cantonniers, dont les observations sont inscrites sur un registre d'ordre et se contrôlent ainsi réciproquement.

Ces dispositions, qui fournissent un moyen facile de mesurer le travail utile des machines, sont fort simples: chacune de ces dernières verse son produit dans un très grand bassin en bois, qui porte sur une de ses faces une rangée de trous circulaires, dont les centres sont tous sur une même ligne horizontale. Un certain nombre de ces trous sont d'une égale surface, d'autres sont des parties aliquotes de ceux-là, des $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, etc. C'est par ces orifices que l'eau est forcée de passer avant d'être admise dans une nouvelle ligne de tuyaux de conduite. On règle cet écoulement de façon qu'il ait lieu sous une pression constante par laquelle on connaît par expérience le produit de chaque trou dans l'unité de temps. En comptant ensuite le nombre d'orifices qu'il faut tenir débouchés pour que le niveau de l'eau reste constant dans le bassin, on a, par un calcul très simple le débit total ou le produit de la pompe. C'est ainsi que j'ai mesuré l'effet utile des machines d'Illsang et de Noesselgraben. J'ai trouvé 0,72 pour la première, et 0,60 pour la seconde, qui est à double effet. La dépense d'eau motrice à été évaluée d'après la course du piston dans le cylindre principal, ce qui n'est rigoureux que pour les machines à simple effet, dans lesquelles on peut s'assurer de l'état des garnitures du piston. J'ai tenu compte de l'eau dépensée par la régulation.

Le tableau suivant réunit les indications les plus intéressantes pour l'important travail dont j'ai ci-dessus présenté l'esquisse. Je dois dire toutefois que je n'ai pas vérifié par moi-même les nombres qui s'y trouvent consignés,

salines, à côté des plus ingénieuses conceptions, on reconnaît la sagesse, l'esprit d'ordre et de con-

---

mais que cependant j'ai tout lieu de les croire conformes à la vérité.

DÉSIGNATION des lieux où l'on a établi des machines ou des réservoirs intermédiaires.	FORCE MOTRICE.		TOTAUX MONTANS des pompes.		TOTAUX DE CONDUITS.			
	Quantité d'eau par minute.	Hauteur de la chute.	Hauteur verticale.	Longueur développée.	Longueur d'une station à l'autre.	PERTE Totale.	PERTE pour 100 m.	
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	
Ferdinansberg . .	»	5,84	14,60	56,94	1.022,00	4,96	0,36	(1)
Pfisterleiten. . . .	5,33	87,60	90,81	272,73	6.067,18	31,54	0,39	(2)
Illsang	11,22	109,21	355,66	102,20	10.008,01	51,98	0,37	
Schwartzbach wacht	»	»	»	»	5.354,99	367,34	6,03	(3)
Jettenberg	»	»	»	»	8.953,88	54,31	0,68	
Reichenhall	26,28	4,38	12,95	13,14	2.209,86	10,29	0,34	
Fager.	51,30	4,67	61,32	137,24	1.979,54	9,88	0,58	(4)
Seebügel	40,30	7,01	64,34	122,64	2.485,21	13,43	0,55	
Nesselgraben . . .	11,68	40,88	101,06	242,36	3.826,18	37,40	0,73	
Weissbach	11,68	14,01	32,14	94,02	1.221,73	4,21	0,25	(5)
Nagling.	11,64	29,49	96,07	218,74	10.182,04	45,84	0,34	
Hammer	»	»	»	»	6.479,48	35,19	0,40	(6)
Siegsdorf.	8,76	16,18	53,78	211,70	6.629,76	84,83	1,27	(7)
Bergen	»	»	»	»	10.197,22	16,11	0,13	(8)
Staudach	»	»	»	»	3.950,76	12,43	0,23	
Klausbaeusel. . . .	6,42	15,77	35,62	69,20	4.467,60	18,10	0,30	
Bergham.	8,76	22,78	60,44	207,32	10.190,80	57,57	0,42	(9)
Mühlthal	6,42	21,02	44,09	79,42	8.938,12	108,37	1,01	
Eching.	»	»	»	»	7.524,84	21,90	0,22	
Schlossberg	»	»	12,85	»	2.175,40	21,41	1,16	(10)
Rosenheim	»	»	»	»	»	»	»	(11)
			1035,78		109.164,50	1006,69		

(1) A l'embouchure inférieure de la mine de sel.
(2) Machines à colonne d'eau à simple effet.
(3) Réservoir de distribution.
(4) Roue à augets.
(5) Machine à colonne d'eau à double effet.
(6) Reservoir.
(7) Machine à colonne d'eau à double effet.
(8) Réservoir.
(9) Machine à colonne d'eau à double effet.
(10) Réservoir.
(11) Roue à augets pour élever l'eau salée dans les réservoirs des chaudières.

servation qui caractérisent les Allemands et font traverser les siècles à leurs entreprises (1).

Caractéres distinctifs des machines à colonne d'eau de M. de Reichenbach.

Les neuf machines à colonne d'eau établies entre Berchtesgaden et Rosenheim ne sont pas toutes pareilles entre elles : construites à trois époques principales, de 1808 à 1817, elles constituent trois systèmes différens, qui présentent les caractères d'un perfectionnement successif. Les deux plus nouvelles sont à simple effet, les sept autres, qui peuvent se diviser en deux groupes, savoir : quatre de première et trois de deuxième création, sont à double effet. Toutes cependant portent le cachet de la main habile qui les a touchées, et offrent les innovations principales qui établissent leur prééminence sur toutes les machines anciennes.

Ces innovations consistent :

1° Dans l'emploi d'un régulateur à piston tellement construit que les colonnes d'eau en mouvement s'arrêtent et se meuvent sans secousses ni chocs, et que les orifices, tant d'admission que d'émission, sont assez grands pour éviter à la veine fluide des contractions et des vitesses excessives;

2° Dans l'idée d'emprunter à la colonne d'eau motrice la force nécessaire pour faire mouvoir ce régulateur avec une sûreté et une précision presque mathématiques;

---

(1) On peut consulter pour de plus amples détails, l'excellent ouvrage intitulé : *Metallurgische Reise in Baiern und Oesterreich*, Halle, 1821, par M. Karsten, qui a visité et décrit avec le soin qui lui est ordinaire les établissemens et les ouvrages d'art dont je n'ai pu donner ici qu'une idée bien imparfaite.

3° A faire agir la puissance directement sur la résistance, sans aucun intermédiaire de balanciers, leviers, et sans aucune transformation de mouvement;

4° A n'employer, lorsqu'elles sont destinées à élever de l'eau, qu'une seule pompe, quelle que soit la hauteur de la colonne de refoulement.

Ces innovations constituent un progrès tellement remarquable, qu'on peut dire que c'est du moment où on a pu mettre en œuvre des colonnes d'eau formidables que date l'application utile du grand et simple principe de notre immortel Pascal. M. de Reichenbach fera oublier Hoëll, Winterschmidt, et tous ceux qui, avant lui, ont construit, essayé ou projeté des machines de cette espèce; comme Watt, par l'emploi du condenseur, du modérateur à force centrifuge, du parallélogramme, etc., a fait oublier les Newkomen, les Savery, Papin même, et tous ceux qui se disputent la merveilleuse invention des machines à vapeur.

A Dieu ne plaise que je veuille établir la moindre comparaison entre les services réels rendus à la société par ces deux illustres mécaniciens, ni même entre le mérite de leurs inventions; mais au moins puis-je croire que M. de Reichenbach serait devenu le Watt de sa patrie, si l'Allemagne avait été aussi avancée en industrie que l'Angleterre, et si les mêmes questions se fussent agitées à la même époque dans les deux pays (1).

(1) Le génie mécanique de M. de Reichenbach s'est révélé encore dans une foule d'autres circonstances que celles déjà citées. A Berchtesgaden et à Reichenhall on trouvait à chaque pas des traces de son fécond génie. Il a construit

Quoi qu'il en soit, le patronage d'un tel homme et son intervention, avec tout le poids de son expérience, dans la question d'art qui m'occupait alors, ont été pour moi d'un prix inestimable ; car indépendamment des plus précieux enseignemens, j'ai encore puisé auprès de lui, et j'ai pu faire partager à mes commettans, cette confiance fondée sur la conviction du vrai, qui est une condition de succès dans les entreprises industrielles.

Application des observations recueillies en Bavière aux machines de Huelgoat.

Ayant accepté les idées et les principes de M. de Reichenbach, énoncés plus haut, c'est à lui que reviennent les dispositions générales et organiques des machines importées à Huelgoat. Tout ce qui est exécution et application m'est tombé en partage, et je n'ai pas besoin de dire à ceux particulièrement qui se sont occupés de mécanique appliquée, combien encore cette tâche m'a présenté d'inconvéniens, de difficultés et de travail, par suite des conditions particulières auxquelles la solution du problème d'Huelgoat avait à satisfaire.

Conditions particulières du problème mécanique d'Huelgoat.

Ces conditions peuvent se résumer dans le parallèle suivant :

1° La machine d'épuisement destinée pour nos mines, devait avoir une puissance considérable, double au moins de celle de la machine d'Illsang. Or, on sait que les difficultés d'exécution et de pose dans ces sortes de constructions augmentent

---

une belle machine hydraulique pour alimenter d'eau la ville d'Augsbourg, une machine à forer les canons pour le gouvernement autrichien, etc., etc. Il avait de grands projets encore que lui permettait de réaliser sa position de directeur général des ponts et chaussées, lorsque la mort est venue le frapper et l'enlever à la noble communauté des hommes utiles.

beaucoup plus rapidement que la raison simple de la force qu'il s'agit de développer, et qu'au delà de certaines limites, on rencontre des obstacles presque insurmontables.

2° Les machines de Bavière sont toutes placées au jour, dans un espace indéfini. Elles reposent sur un sol fixe, ainsi que les pompes qu'elles font mouvoir et les tuyaux qui en dépendent.

A Huelgoat, au contraire, ces objets ont dû être posés ou plutôt suspendus dans un puits, et, par conséquent, dans un espace très resserré, et, de plus, occupé en partie par une vieille machine qu'il était indispensable de maintenir provisoirement en fonction;

3°. Dans les machines de Bavière, l'appareil moteur est placé immédiatement au-dessus de la pompe foulante des eaux salées. A Huelgoat, la distance qui sépare ces deux parties l'une de l'autre est très grande. De là la double nécessité d'employer et d'équilibrer une longue tige, capable d'une résistance considérable, et partant fort pesante;

4° Ici toute la masse d'eau motrice étant amenée dans le centre de l'exploitation, il a fallu songer aux mesures de précaution propres à empêcher son infiltration lente ou son irruption soudaine dans les ouvrages inférieurs. Ainsi, des travaux de maçonnerie considérables sont devenus nécessaires pour assurer la solidité et l'imperméabilité que réclamaient certaines parties des aquéducs souterrains. On a fait encore divers autres muraillemens, tant pour assurer l'invariabilité des points d'appui de la puissance, que pour servir de moyens de soutènement contre des parois ébouleuses dans les points les plus importans

des excavations occupées par les machines et leurs accessoires.

Plan et limites de cette description.

Pour faire mieux sentir, par l'exemple que je cite, combien les questions de mécanique appliquée peuvent changer de face par l'introduction d'élémens nouveaux, même de ceux qui sont en apparence insignifians, il eût été bon de faire connaître ici par une description complète et une représentation graphique; la machine d'Illsang, ce type auquel doivent se rattacher désormais les appareils de même nature que l'industrie des mines appliquera sans doute plus souvent à ses besoins; mais les limites que j'ai été contraint de me poser dans la rédaction de ce mémoire ne me le permettent pas : je me vois également forcé d'en retrancher les considérations théoriques sur lesquelles je me suis appuyé, les recherches auxquelles je me suis livré, les matériaux que j'ai recueillis de tous côtés, l'examen historique, statistique et critique des machines publiées ou construites en divers pays. En un mot, les principaux élémens que je voulais primitivement y placer pour en faire un travail complet sur les machines à colonne d'eau.

Je me bornerai donc, pour le moment, à présenter la description pure et simple de l'appareil que je viens de faire établir à Huelgoat. Je la rendrai aussi complète que possible, parce que, à mon avis, ces sortes d'enseignemens pratiques sont d'une utilité beaucoup plus grande pour ceux qui sont appelés à mettre la main à l'œuvre, que les dissertations théoriques auxquelles, d'ailleurs, chacun peut se livrer selon ses propres idées; les bons livres de théorie ne manquent pas, tandis que les documens d'une pratique éclairée sont rares;

quant à moi, je n'en ai trouvé aucun lorsque j'en ai eu sérieusement besoin, et il m'a fallu courir au loin, me heurter contre M. de Reichenbach pour voir la lumière. Je crois donc faire une œuvre de conscience, ou du moins remplir un devoir, en essayant de propager à mon tour les bonnes traditions que j'ai reçues et appliquées, et en présentant au mineur un fait sanctionné déjà par plus de trois années d'une heureuse expérience.

Considérations sommaires sur les principes et les élémens constituans des machines d'Huelgoat.

—

Caractères particuliers.

Avant de m'engager dans la description détaillée de notre nouvel appareil d'épuisement, je crois devoir présenter sommairement les considérations qui m'ont guidé dans le choix et la détermination des élémens principaux dont il se compose. Les personnes qui voudront prendre cet appareil pour sujet de leurs investigations théoriques, trouveront dans ce court exposé toutes les indications qui leur seront nécessaires.

Il a été décidé d'abord que l'on adopterait le système des machines à simple effet; les principaux motifs de cette préférence sont les suivans :

Les machines à simple effet, plus simples aussi en général sous le rapport des mécanismes que celles à double effet, sont toujours plus faciles à établir et à maintenir avec une parfaite stabilité, surtout quand on peut s'arranger de façon que l'action de la puissance s'exerce de bas en haut entre le sol ou un plan de pose invariable ou le piston moteur. Cette disposition procure aussi l'inappréciable avantage d'avoir des cylindres découverts à leur partie supérieure, ce qui permet d'entretenir leur surface intérieure d'un corps gras, de visiter le piston à tout instant, et d'apercevoir les moindres fuites qui pourraient se déclarer par

suite d'usement des garnitures de cuir. Celles-ci, au surplus, durent fort long-temps, sous la salutaire influence d'un parfait graissage. C'est ainsi que le premier cuir, quoique marchant dans un cylindre neuf, a pu fonctionner pendant plus de trois années sans laisser passer une goutte d'eau, sous une pression de 7 $\frac{1}{2}$ atmosphères.

Dans les machines à double effet, les tiges, tirans, axes, etc., en un mot tous les intermédiaires entre la puissance et la résistance, sont alternativement soumis à des efforts opposés qui tendent à désunir les assemblages et à occasioner dans toutes les parties du système des chocs et des vibrations très préjudiciables à leur durée et à la conservation des forces vives dépensées par le moteur.

L'expérience a appris d'ailleurs que les matériaux de construction (le fer, le bois) qui sont placés dans de telles circonstances, se détériorent progressivement, tandis qu'ils conservent leurs propriétés physiques, leur élasticité surtout, et restent, par conséquent, doués d'une force spécifique plus grande lorsque l'effort, quoique variable, est exercé constamment dans le même sens, celui de la résistance absolue. Ces observations tournent au désavantage des machines à double effet, pour lesquelles on est contraint de recourir à une augmentation notable dans les dimensions, et partant, dans le poids des diverses parties du mécanisme. Lorsqu'il s'agit de transmettre la puissance par refoulement à de grandes distances comme cela se voit souvent dans les mines, l'inconvénient que je viens de signaler s'aggrave encore en se compliquant de la difficulté matérielle d'assurer aux attirails, maîtresses tiges, etc., la rigidité nécessaire.

Je ne pousserai pas plus loin le parallèle entre ces deux espèces de machines, quoique je sache bien qu'il reste beaucoup à dire encore même en faveur de celles à double effet. Si je continuais cette discussion, qui m'éloignerait inutilement de mon sujet, j'arriverais à cette conclusion bien vague et sentie de tout le monde, c'est qu'il n'y a rien d'absolu dans la question, et que la préférence doit être donnée à l'une ou à l'autre de ces machines, selon les circonstances et les conditions auxquelles elles sont soumises. Je dirai cependant encore que le choix ne saurait être douteux dans les cas d'épuisement, pour les mines surtout où les engins doivent toujours être simplifiés le plus possible, où la surveillance, l'entretien, les moyens de pose et de réparations doivent être ménagés, facilités de toutes les manières.

Ces mêmes motifs m'ont décidé à n'employer pour l'épuisement qu'une seule pompe placée au fond de la mine, et accompagnée d'une colonne de tuyaux montans continus jusqu'à la galerie d'écoulement. Ayant de plus la conviction que le maximum d'effet utile doit être le résultat d'un système exempt de toute espèce de chocs, de contrecoups et de vibrations, qui détruisent si rapidement les machines les plus solides et dissipent la force, comme on voit l'électricité se perdre à travers des corps conducteurs, j'ai tenu à disposer cette pompe, relativement à la machine motrice, de telle façon que la transmission de la puissance à la résistance se fît en ligne droite, sans intermédiaire de balancier ni de levier d'aucune espèce.

Cette condition est remplie en suspendant le cylindre de la machine dans le puits même, directement au-dessus du corps de pompe, et en

réunissant les deux pistons d'une manière invariable par une maîtresse tige verticale.

L'absence de tout mouvement angulaire, la suppression du balancier, dont la *géométrie* est aussi difficile à l'exécution qu'elle paraît simple en théorie, la réduction des attirails à leur plus simple expression, par le rapprochement le plus grand possible entre l'appareil moteur et celui d'épuisement; enfin, l'emploi d'une pompe unique, tels sont donc les caractères distinctifs de notre système d'épuisement; je crois que ce sont aussi autant d'améliorations qui réagissent d'une manière éminemment favorable, non-seulement sur l'effet utile, mais encore sur les frais d'entretien de toute nature de ce système.

Détermination de la puissance des machines et de leurs dimensions principales.

Après avoir ainsi fixé les dispositions générales de l'appareil, on s'est occupé de la détermination de ses dimensions principales, et, par conséquent, de l'appréciation exacte de la résistance, comme aussi de la force nécessaire pour la vaincre.

Quantité d'eau à épuiser. — Jaugeage.

La connaissance de la quantité d'eau à épuiser étant le point fondamental de la question, on a procédé au jaugeage de toutes les sources qui apparaissent dans les ouvrages souterrains. Cette opération, assez délicate en général, a été faite avec des soins particuliers, dans des saisons différentes, et d'après différentes méthodes, qui se sont réciproquement controlées. Tantôt on a disposé (quand on l'a pu) des espaces d'une capacité connue, qu'on a remplis; tantôt on a fait couler le liquide à mesurer dans un canal rectangulaire, à pente uniforme, et l'on a déterminé la vitesse du courant au moyen de corps flottans à la surface, en ayant égard aux corrections indiquées par M. de

Prony (1). Enfin on s'est servi avec avantage de l'écoulement par des orifices pratiqués en minces parois, d'une surface bien connue, et sous une hauteur de pression déterminée.

Ce dernier mode, d'une application commode et sûre, a fini par être exclusivement employé pour mesurer la quantité d'eau qui sort de la mine et qui, lorsque les machines fonctionnent, se compose de toutes les sources tant inférieures que supérieures au sol de la galerie d'écoulement (2).

Les observations ont été répétées souvent, et durant des périodes assez longues pour que les variations provenant du service irrégulier des machines n'exerçassent pas une influence notable sur les résultats. On a eu soin de constater aussi le niveau de l'eau depuis le fond de la mine, niveau qui, pour plus d'exactitude, devait être

(1) Recherches physico-mathématiques sur la théorie des eaux courantes.

(2) A cet effet l'on a placé à l'extrémité d'une tranchée à ciel ouvert et à parois bien dressées, qui termine la galerie d'écoulement, un barrage en planches imperméables, présentant dans le bas deux ouvertures garnies de plaques de cuivre amincies et percées vers le milieu de trous parfaitement circulaires. Un peu en arrière, du côté de l'eau, était fixée une règle ou échelle verticale bien divisée, dont le zéro correspondait exactement au centre des trous placés de niveau, et qui avait pour objet de montrer à chaque instant la hauteur de l'eau ou la charge sur le centre des trous. La grandeur et le nombre des orifices d'écoulement doivent être fixés d'après le volume des sources à jauger, de manière qu'il reste toujours en contre-haut le plus d'eau possible. Pour calculer les vitesses de la veine fluide, on s'est servi de la formule connue $v = 4,4291 \sqrt{h}$, et l'on a adopté la fraction 0,625 pour le coefficient de la contraction.

maintenu constant pendant la durée des observations.

La quantité d'eau sortant de la mine dans ces circonstances et dans l'hiver a été trouvée de $1^{m.c.},959$ par minute.

Une autre expérience a eu pour objet de jauger la quantité d'eau fournie par les sources supérieures à la galerie d'écoulement ; on conçoit, en effet, qu'en la déduisant du total ci-dessus, on a pour différence le produit des sources inférieures ou la quantité d'eau à élever par les machines.

Les roues ayant été simultanément arrêtées, on a répété les observations à l'embouchure de la galerie, et l'on a trouvé que le volume d'eau qui s'écoulait alors n'était plus que de $0^{m.c.},167$ par minute.

Ce nombre, retranché du précédent, a donné pour les sources à épuiser la quantité de $1^{m.c.},792$ par minute, qui peut être considérée comme un maximum, attendu qu'elle est déduite d'expériences faites dans un moment où les filtrations ont atteint le point de leur plus grande abondance.

Limites de la profondeur à laquelle les machines doivent atteindre.

Un autre élément, non moins essentiel que le volume de l'eau dans une question d'épuisement, restait à fixer encore : c'est la profondeur de laquelle cette eau devait être élevée.

Les sources dont le volume vient d'être indiqué ne sourdent pas toutes du fond de la mine ; on en a retenu une portion notable dans une galerie d'alongement supérieure poussée en recherches fort en avant du champ actuel de l'exploitation. Mais comme le filon est d'une contexture lâche et extrêmement fissurée, les travaux inférieurs dessécheront bientôt complétement ceux de la

région supérieure ; en sorte qu'il a été nécessaire d'admettre que toutes les sources seraient à élever du point le plus profond des ouvrages souterrains.

Les anciennes machines ne pouvaient maîtriser les eaux que jusqu'à 155 m. sous la galerie d'écoulement ; cette limite pour le nouveau système d'épuisement a été portée à 230 mèt., d'après les supputations les plus probables sur le prolongement dans ce sens des colonnes métallifères. C'est donc de cette profondeur qu'il s'agit d'élever $1^{m.c.}$,792 d'eau par minute.

Le problème réduit à ces termes était encore indéterminé, tant sous le rapport dynamique que sous celui de l'exécution ; et, en effet, il n'a pas encore été question des élémens qui constituent la puissance non plus que de la vitesse avec laquelle elle peut agir.

La force motrice des anciennes machines plus que suffisante pour les nouvelles.

Si l'on compare la résistance ci-dessus fixée à la force motrice disponible indiquée au commencement de ce mémoire, on reconnaît au premier coup d'œil dans celle-ci une prépondérance considérable, plus que suffisante pour contrebalancer toutes les résistances accessoires qui naissent du mouvement, et pour écarter toute crainte de la nécessité d'un renfort d'eau motrice.

Il était indispensable, pourtant, de préciser la fraction de cette force qu'il s'agissait d'utiliser, et pour cela de calculer la surface du piston principal pris pour inconnue définitive de la question ; la hauteur de chute étant invariablement fixée et égale à la distance qui sépare la galerie d'écoulement de l'aquéduc supérieur, distance qui est exactement de 60 mètres.

La surface cherchée, de même que celle du piston de la pompe, est évidemment fonction de

Limites de la vitesse dans les machines à colonne d'eau.

la vitesse que l'on peut développer dans le genre de machines qui nous occupe. Cette vitesse ne peut pas être presque indéfinie, comme pour le cas où la puissance réside dans un fluide élastique. L'incompressibilité presque absolue ou la rigidité du liquide moteur est ici un obstacle insurmontable et devient même une cause énergique de destruction, ou d'immenses pertes de force, lorsqu'on veut outrepasser certaines limites que l'expérience a pu seule indiquer. Le moment n'est pas venu d'expliquer le moyen à l'aide duquel on parvient à amortir la force vive dont est animée une colonne d'eau en mouvement et à prévenir les chocs, qui sans cela seraient inévitables; mais je dois dire ici que ce moyen n'est efficace que lorsque la vitesse n'excède pas beaucoup 2 mètres par seconde. Je me suis bien assuré, par quelques approximations préalables, que cette condition pourrait être satisfaite dans notre appareil, où l'on n'a pu donner que $0^m,38$ (1) de diamètre intérieur aux tuyaux de chute, en imprimant au piston moteur une vitesse de $0^m,30$ par seconde à la montée en charge; la vitesse de descente, au moment de l'émission, peut être portée sans inconvénient à $0^m,70$. La course totale ayant été fixée à $2^m,30$, la durée des pulsations est de 10,9, et leur nombre d'environ $5\frac{1}{2}$ par minute.

Surface du piston de la pompe. Résistance principale.

Tel est aussi le jeu du piston de la pompe qui se meut solidairement avec le précédent; et comme la quantité d'eau à élever est de $1^{m.c.},792$

(1) La cause de cette sujétion est purement financière; il fallait tirer parti d'une grande quantité de tuyaux tout neufs (126), ayant $0^m,38$ de diamètre intérieur, que l'établissement possédait.

par minute, il doit avoir pour surface $\frac{1,792}{5,5 \times 230}$ $= 0^{m.q.},14$.

En supposant toutefois que la pompe produise son effet théorique, ce qui est à peu près la vérité, comme on le verra plus loin.

La charge principale de la machine consiste donc en une colonne d'eau de 230 mètres de hauteur sur $0^{m.q.},14$ de base.

Il ne restait plus qu'à déterminer les résistances qui sont la conséquence ordinaire et inévitable du mouvement : elles sont de plusieurs sortes. Résistance secondaire.

Les unes se rapportent à l'inertie des masses, savoir : des pistons, de l'attirail et de la colonne d'eau montante. D'autres sont dues aux frottemens de toute espèce, soit des parties solides entre elles, soit de l'eau dans les diverses parties de l'appareil et même des molécules liquides les unes contre les autres. Il en est enfin qui naissent du choc de l'eau, tantôt dans les coudes des tuyaux, tantôt dans les points anguleux de l'appareil et dans ceux où le fluide change brusquement de vitesse en passant dans des espaces de capacités différentes; la quantité d'action perdue dans ces derniers cas est toujours fort grande, si l'on admet que pour les chocs elle doit être proportionnelle au carré de la vitesse.

On verra au surplus, dans le cours de la partie descriptive de la machine, que toutes les précautions ont été prises pour amoindrir ces résistances. J'ai tenu particulièrement à obtenir un minimum en ce qui touche l'eau montante, parce qu'il devait en résulter une plus grande légèreté pour la maîtresse tige à suspendre dans les puits; l'emploi d'une pompe unique, de tubulures, de soupapes

et de tuyaux à sections égales et grandes relativement à la surface du piston ($0^{m.q.}$,056 à $0^{m.q.}$,14), ont été des moyens efficaces pour atteindre ce but. Il est évident aussi que les frottemens des corps solides doivent être ici peu considérables; ils se réduisent à ceux de deux pistons dans leurs cylindres et de deux tiges dans leurs boîtes à cuir.

Surface du piston de la machine.

Quoi qu'il en soit, toutes ces résistances ayant été évaluées aussi exactement que possible, d'après les principes généralement admis aujourd'hui, puis rapportées à la tige du piston moteur, j'ai trouvé enfin que ce piston devait avoir une surface de $0^{m.q.}$,8177, déduction faite de la tige qui a $0^{m.q.}$,0133 de section : cela donne 1^{m},0287 pour le diamètre intérieur du cylindre principal.

Eau dépensée, effet utile théorique.

En se rappelant que le nombre de pulsations est de $5\frac{1}{2}$ et la course de 2^{m},30, on trouve que la masse d'eau dépensée est de

$$0,8177 \times 2^{m},30 \times 5,50 = 10,34.$$

La hauteur de chute étant de 60 mètres, la force dépensée sera représentée par le produit de $10,34 \times 60$, ou près de 620 unités dynamiques, que je porterai à 631, en raison de l'eau nécessaire à la régulation.

Le produit analogue pour l'eau à élever est de $0,14 \times 2,30 \times 5,50 \times 230 = 407,10$. Le rapport de ce nombre au précédent, ou l'effet utile théorique de la machine, est donc exprimé par la fraction 0,646. Il est à regretter que ce résultat n'ait pas encore pu être vérifié par l'expérience; cela tient à ce que, par suite de diverses circonstances provenant du fait de l'exploitation, la pompe de la machine déjà exécutée n'a pas pu être placée à sa limite de 230 mètres, mais seu-

lement à 155 mètres sous la galerie d'écoulement. Comme à ce point la machine produit 0,450 d'effet utile mesuré, on peut croire que lors de son entier achèvement il ne se trouvera aucune erreur négative sur le chiffre de 0,646, qui est relatif à ce cas.

L'excédant actuel de la puissance est amorti par un modérateur pratiqué au bas de la colonne de chute et qui étrangle considérablement la veine fluide : cet excédant deviendra actif à son tour, lorsque le puits ayant atteint le niveau de 230 m., la pompe pourra être descendue à ce point.

Une machine unique, construite d'après l'exposé qui précède, et capable, par conséquent, d'élever la quantité d'eau fixée par les jaugeages d'hiver, n'aurait cependant pas été suffisante pour assurer le service de l'épuisement et préserver le fond de la mine d'Huelgoat de toute nouvelle submersion ; condition impérieusement commandée par les circonstances actuelles de l'exploitation et la nécessité de descendre les travaux jusqu'au niveau de 230 mètres.

Nécessité de deux machines accouplées.

On conçoit, en effet, qu'ayant calculé les facultés de cette machine d'après l'hypothèse d'une action non interrompue, comme dans les strictes limites de sa vitesse et de la quantité de travail utile à produire, on restait exposé, sous ces trois rapports, à des mécomptes dont il importait de prévenir les fâcheuses conséquences.

Ainsi, l'on sait que les machines les mieux construites éprouvent des dérangemens, exigent des réparations qui entraînent des temps d'arrêt quelquefois très longs, pendant lesquels l'eau envahit les travaux inférieurs, lorsqu'il n'y a pas de réservoirs assez vastes pour la recevoir.

D'un autre côté, le régime de la machine, basé

sur une vitesse de 2 m. par seconde dans les tuyaux de chute, est peut-être un peu forcé, surtout s'il fallait le continuer long-temps de suite ; car à ce taux on commence à observer dans la colonne d'eau quelques légers ébranlemens qui pourraient augmenter et devenir préjudiciables à la durée de l'appareil.

Enfin la quantité d'eau à épuiser dans un temps donné peut augmenter :

Soit momentanément, à la suite d'une saison exaordinairement pluvieuse, d'une suspension ou d'un ralentissement de la machine; d'un accident imprévu qui, malgré les précautions prises, occasionerait une irruption d'eau motrice dans les ouvrages inférieurs ;

Soit d'une manière permanente, parce qu'en étendant les travaux souterrains selon la pente et la direction du filon, on ne peut manquer de rencontrer des sources nouvelles plus ou moins abondantes. C'est ainsi qu'en 1823 une galerie d'alongement, poussée en recherche vers le midi au niveau de 220 mètres sous le jour, rencontra la nouvelle colonne métallifère qui constitue le véritable avenir de la mine d'Huelgoat, mais en même temps donna issue à une source considérable retenue dans le filon derrière un interstice stérile, imperméable, et qui aurait infailliblement noyé la mine, si nous n'étions point parvenus à la maîtriser au moyen d'un serrement construit à la hâte dans la galerie en question (1).

Cette même masse d'eau est toujours devant

(1) M. Nailly, alors sous-directeur de la mine d'Huelgoat, a donné une idée de ce travail dans une notice insérée dans la 2e série des *Annales des Mines*, tome VIII, p. 367.

nous, et il s'agira de la combattre dès que nous pourrons attaquer par sa base la colonne métallifère qui la renferme, c'est-à-dire dans un très petit nombre d'années. Il y a plus, des recherches qui sont dirigées perpendiculairement au filon actuel peuvent rencontrer des gîtes parallèles, dont les eaux viendront s'ajouter à la masse de celles qui sont à épuiser présentement.

Toutes ces considérations, et surtout les dernières, justifient pleinement, ce me semble, le parti que j'ai pris de fortifier l'appareil d'épuisement par la construction d'une machine d'aide égale en puissance et en tout semblable à la première, mais non solidaire avec elle; c'est-à-dire que chacune a sa colonne de chute, son régulateur, sa pompe et sa colonne montante.

En les faisant marcher simultanément, on a l'avantage de pouvoir diminuer de moitié la vitesse et d'éloigner ainsi les chances de dérangement et de suspension pour chacune d'elles.

Cependant lorsque, pour une cause quelconque, l'une des machines sera arrêtée, l'autre reprendra sa vitesse maximum et sera forcée de faire seule l'épuisement. Elle n'y suffira plus toutefois, lorsque l'eau intérieure aura augmenté par suite de la rencontre de nouvelles sources, ainsi que je l'ai expliqué plus haut; mais alors, l'exploitation qui aura marché de bas en haut dans les massifs nouveaux, ne sera plus exclusivement reléguée, comme aujourd'hui, dans le fond de la mine, et il existera déjà au niveau de 230 mèt. des vides suffisans pour recevoir la quantité d'eau qui dépassera les facultés d'une seule machine, mais qui sera bientôt enlevée lorsque la seconde aura pu être remise en mouvement.

Coup-d'œil général sur le nouveau système d'épuisement.

Après l'exposé qu'on vient de lire des principes et des observations, sur lesquels j'ai fait reposer l'organisation de notre nouveau système d'épuisement, il ne sera pas inutile, je crois, pour mieux fixer les idées, de donner ici un aperçu de ce système considéré dans son ensemble ; je serai mieux compris lorsqu'ensuite je décrirai ces divers élémens.

L'appareil complet se compose de deux machines à simple effet, mais non solidaires. Il doit élever par minute $3^{m.c.}$,58 d'eau à une hauteur de 230 mètres, et dépenser dans le même temps une quantité d'action représentée par 1.262 unités dynamiques, ou par 21 mètres cubes d'eau tombant de 61 mètres de hauteur, force énorme et réellement disponible pendant une grande partie de l'année. Son effet utile est, d'après cela, de 0,646.

L'eau motrice est amenée, depuis le jour jusqu'au point où elle doit être mise en travail, par un aqueduc souterrain construit en maçonnerie et terminé par un grand bassin dans lequel se fait la prise d'eau des colonnes de chute.

Celles-ci sont placées dans un puits particulier, muraillé aussi sur une partie de sa hauteur, à partir de son couronnement, et qui, à son extrémité inférieure, est mis en communication avec le puits principal au moyen d'une grande galerie horizontale, dans laquelle les tuyaux de chute se replient vers les machines situées dans ce dernier.

Les deux cylindres principaux sont accolés et fixés verticalement sur un même support qui consiste en un pont de fonte de fer jeté sur le vide du puits, et s'appuyant par ses extrémités sur deux fortes culées de maçonnerie, soutenues elles-mêmes par deux voûtes.

Les pistons, dont les tiges traversent, au centre, les bases des cylindres, reçoivent de bas en haut l'impulsion de la puissance, qui prend ainsi son point d'appui sur le point de support.

Chaque machine porte auprès d'elle un *régulateur*, destiné comme d'ordinaire à régulariser l'intermittence de l'admission et de l'émission de l'eau motrice; le puits, dans la partie occupée par les machines, a été élargi et muraillé.

A chacune des tiges du piston est attelée une série de tirans descendant verticalement dans le puits, et fixée par son extrémité inférieure à la tige du piston de la pompe qui est unique pour chaque machine.

L'eau est donc refoulée d'un seul jet depuis le fond de la mine jusqu'à la galerie d'écoulement, savoir, de 230 mètres de hauteur dans une colonne verticale de tuyaux montans en fonte, placée à *côté de* l'attirail, directement au-dessus d'une chapelle à deux soupapes. Celle-ci est en communication avec la partie supérieure, fermée, du corps de pompe par une tubulure latérale qui sert au passage de l'eau aspirée et refoulée.

La galerie d'écoulement qui reçoit et éconduit les eaux motrices et intérieures, est muraillée sur une partie de sa longueur. Elle aboutit dans le flanc du puits, au-dessus du point où les machines sont fixées.

Cette disposition, qui présente un obstacle à la libre émission de l'eau motrice, a donné le moyen de contrebalancer le poids de l'attirail par celui d'une colonne d'eau, ayant pour hauteur la distance qui sépare le sol de la galerie du plan de pose des cylindres, et pour base la surface du piston.

Division adoptée pour la description de l'appareil d'épuisement.

Je passe maintenant à la description détaillée de l'appareil dont je viens de donner une idée générale. Cette description, qui doit s'étendre aussi à tous les travaux accessoires, comprendra quatre parties :

1° Les machines proprement dites, les colonnes de chute, le bassin de prise d'eau ;

2° Les pompes élévatoires, ainsi que les chaînes ou maîtresses tiges qui les rattachent aux machines motrices; enfin, le balancier hydraulique employé pour équilibrer le poids desdites chaînes ;

3° Les supports et la pose de toutes les parties de l'appareil, les diverses mesures prises pour en écarter autant que possible toutes chances de dérangemens, de détériorations et d'accidens quelconques ;

4° Les ouvrages souterrains nécessités par l'établissement du nouveau système d'épuisement, surtout les maçonneries exécutées dans ces ouvrages tant comme moyen de support et de soutènement, que pour empêcher les filtrations des eaux motrices vers les travaux inférieurs de l'exploitation.

CHAPITRE Ier. — *Machine motrice, colonne de chute, bassin de prise d'eau.*

Le grand cylindre Y (*Pl. II*), dans lequel se meut le piston principal P porte, à son extrémité inférieure, une tubulure T, qui sert alternativement à l'introduction et à l'émission de l'eau motrice. Le piston principal P est poussé de bas en haut avec toute sa charge dans le premier cas, et il redescend dans le second : ainsi pour assurer la continuité de son mouvement alternatif de va-et-vient, il faut régulariser l'intermittence de ces deux fonctions. Machine motrice.

Dans la plupart des anciennes machines, dans celles de Hoëll surtout, on obtenait cet effet par l'emploi d'un robinet à trois orifices, placé dans le tuyau de communication entre le cylindre et la colonne de chute; mais ce moyen, qui présente de graves inconvéniens pour les grandes machines surtout, doit être abandonné et remplacé dorénavant par le régulateur à piston que je vais décrire ci-après, et qui est pour ainsi dire l'âme de la machine.

La tubulure T est adaptée contre une pareille que présente une pièce HH', composée de plusieurs cylindres ayant un même axe, et interposée verticalement entre le cylindre principal Y et la colonne de chute. Dans cette pièce aboutissent, à distances égales de la tubulure T', mais du côté opposé, deux tuyaux horizontaux O, S; le premier, qui termine inférieurement la colonne de chute, est, à proprement parler, le tuyau d'admission; le second, qui communique avec la galerie d'écoulement, est le tuyau d'émission. Un Régulateur à piston.

piston R fonctionne dans l'intérieur de cette pièce, et peut venir se placer alternativement dans les deux espaces cylindriques *bc* et *b' c'* égaux en hauteur et en diamètre, et symétriquement placés par rapport à la tubulure T'.

Dans la première de ces positions la communication entre le tuyau d'émission et le cylindre principal Y est fermée, tandis que le piston P, mis en rapport avec la colonne de chute, exécute en conséquence son mouvement ascensionnel. Dans la seconde position, au contraire, l'admission de l'eau motrice est interdite et l'émission favorisée; le cylindre se vide et le piston P redescend.

Le piston R pourra donc être regardé comme le régulateur de la machine, dès le moment où il aura reçu lui-même les lois d'un mouvement facile et régulier pour aller occuper successivement et en temps opportun les espaces *b c* et *b' c'*.

Il semblerait que ce piston, qui est constamment pressé de haut en bas par la colonne de chute, exige l'emploi d'une force considérable, soit pour être déplacé de bas en haut, soit pour conserver au moment de sa descente une vitesse modérée : mais cette double difficulté a disparu devant l'artifice simple et ingénieux que je vais indiquer.

Un nouveau piston J, assemblé sur la tige prolongée du premier, se meut dans un cylindre particulier placé en contre-haut du tuyau d'admission. Il est presqu'inutile de dire que tous ces cylindres H', *b c*, *b' c'* sont rigoureusement alésés sur le même axe. La surface inférieure de ce piston J étant sans cesse en présence de la colonne motrice, il s'y développe une force permanente qui agit de bas en haut, c'est-à-dire en sens contraire

de celle qui sollicite le piston régulateur; ainsi, en négligeant pour un moment les frottemens et le poids de ce système de pistons, il y aurait équilibre entre eux si leurs diamètres étaient égaux; dès lors la moindre dépense de force serait suffisante pour déterminer et modérer à volonté le mouvement du piston régulateur.

Mais les choses n'ont pas été disposées tout-à-fait ainsi; le diamètre du cylindre H′ est un peu plus grand qu'en *b c*, *b′ c′*, de telle sorte que les pressions exercées sur les deux pistons opposés n'étant plus égales, il y a résultante dans le sens du plus grand, et partant, mouvement ascensionnel; lorsque le système est abandonné à lui-même, la régulation se fait à la même occasion, et le piston R, qui va se placer dans l'espace *bc*, y reste jusqu'à ce qu'il soit sollicité par une combinaison de forces nouvelle.

Il s'agit pour obtenir le mouvement inverse de détruire la résultante ascensionnelle et de la remplacer par une autre dirigée en sens contraire. Or, ce but est rempli tout simplement en appliquant (dans le moment opportun) une force plus grande que cette résultante sur la surface supérieure du piston d'aide.

Cette force est momentanément empruntée à la colonne de chute; à cet effet une prise d'eau est faite en *a*, au moyen d'un petit tuyau qui aboutit en *o* à la partie supérieure du cylindre H′. Celui-ci est fermé par une boite à cuir, dans laquelle passe, à frottement doux, un manchon ou grosse tige K, fixée sur le piston d'aide J, et qui a pour objet de diminuer la surface supérieure de ce dernier pour ne laisser exposée à la pression hydraulique qu'on se propose d'exercer dans l'intérieur de

l'annulaire *w*, que la partie de cette surface déterminée par les conditions de descente du système.

Cette descente s'effectue dès que l'on donne accès à l'eau motrice dans l'annulaire *w*, au moyen du tuyau $aa_1a_2a_3$. Elle ne cesse que lorsque le piston R est venu occuper l'espace $b'c'$, ce qui constitue la seconde partie de la régulation.

Pour ramener ensuite les choses dans leur premier état, c'est-à-dire pour faire remonter le piston R dans la position *bc*, il faut non-seulement interdire la communication entre la colonne de chute et l'espace annulaire, mais encore présenter une libre issue à l'eau dont cet espace est rempli. C'est par les petits tubes $ee_1e_2e_3$ que cette eau peut s'échapper et gagner le tuyau d'émission.

Dès lors le système des pistons R et J remontera spontanément comme il a été dit, et le cylindre principal se videra.

Petit appareil hydraulique pour régler le jeu du régulateur principal.

Tout se réduit donc, pour obtenir les deux fonctions du régulateur, à faire parvenir un filet d'eau motrice dans l'annulaire *w*, ou à vider ce dernier alternativement et en temps utile. Un robinet à trois orifices, placé en avant de la petite tubulure *o*, aurait pu satisfaire à ces conditions; mais ici encore la préférence a été donnée à un petit régulateur à pistons disposé d'après les mêmes principes que celui RJK.

Ainsi, un cylindre vertical *ei* muni de deux tubulures latérales *a*, *o*, renferme deux pistons *p*, *p'* assemblés sur la même tige, et placés de telle manière qu'ils sont toujours pressés en sens contraire par l'eau motrice, qui est en permanence au point *a*, le piston *p* est de plus assujetti à prendre position alternativement au-dessus et au-dessous de la tubulure *o*. Dans le premier cas,

l'espace annulaire *w* peut se vider ; dans le second, au contraire, la communication est établie entre ce même espace et la colonne de chute.

Le piston *p'* est surmonté d'une grosse tige ou noyau qui remplit le même office que son analogue dans le grand régulateur, et qui, comme lui, passe à travers une garniture de cuir fixée au haut du cylindre *e i*. Un petit tube *u* sert à transmettre la pression de la colonne motrice sur la partie libre de la surface supérieure du piston *p'*. Cette force additionnelle (qui équivaut à peine à 30 kilog.) a pour objet de contrebalancer une pression pareille exercée de bas en haut sous le piston inférieur *p*, dans le tuyau d'émission, et qui résulte de la position du cylindre principal Y à 14^{m},20 sous la galerie d'écoulement.

La question vitale de la machine trouve donc une solution aussi simple que complète dans le mouvement bien ordonné des petits pistons $pp_{,}$, que la main d'un enfant peut déplacer. Quand on les fait monter, le régulateur principal monte aussitôt après ; il y a émission dans le grand cylindre, et le piston P s'abaisse. Quand, au contraire, on les oblige à descendre et à occuper la position indiquée au dessin n° 1 (*Pl. II*), le grand régulateur descend à son tour et le piston moteur monte ; il y a admission.

Le jeu de la machine est ainsi parfaitement assuré, en admettant toutefois qu'il y ait un moyen facile et sûr pour faire fonctionner le petit appareil en temps opportun.

On conçoit tout d'abord que c'est le grand piston P qui doit donner le signal du mouvement et fournir la très petite force nécessaire pour le

Mécanisme qui règle les fonctions du petit appareil.

produire. Un mécanisme très simple remplit ce double objet.

Le système des petits pistons est suspendu à une tige articulée en *t*, qui, passant à travers la pièce $v''v''$, aboutit à un premier levier $v't$, ayant son point d'appui en v'; un second levier ss', qui tourne autour de l'extrémité s' d'un montant (consolidé par les pièces *z* et $v''v''$), est relié au premier $v't$ par un petit tirant t', et terminé à son autre extrémité par un secteur *s* maintenu dans son mouvement par un guide fourchu qui se projette verticalement en vv'. Deux crochets ou mentonnets, 1 et 2, en saillie sur l'arc de cercle, sont fixés en sens inverse, sur les deux faces planes opposées de ce secteur. En projection horizontale ils apparaîtraient écartés l'un de l'autre de toute l'épaisseur du secteur. Ces leviers sont combinés de manière à procurer au piston *p* la levée nécessaire; le levier inférieur serait devenu superflu si l'on avait pu ménager un espace suffisant entre le cylindre Y et la pièce HH' pour établir le rapport voulu par la course de *p* entre les deux bras du seul levier ss'.

D'un autre côté, le piston principal P a reçu en *f* un sabot en fer dans lequel vient s'assembler à vis une tige de fer verticale dd'. Cette tige est guidée dans le haut par deux colliers g_1g_1, qui font partie d'une pièce unique $gg_1g_1g_1$ (voyez *fig.* 1, 2, 3 *Planche II*), et qui est fixée par deux pattes sur la bande arquée en fer *hh*, qui porte aussi la pièce fourchue déjà citée vv'.

La tige dd', qui est ronde, porte du côté du régulateur une tringle rectangulaire bien dressée, dont l'épaisseur est égale à celle du secteur *s*, auquel elle est et reste tangente pendant toute la

course du piston R (il est bien entendu que les colliers g, g_1, qui guident la tige, sont échancrés pour donner un libre passage à la tringle en question).

Deux cames, 3 et 4, sont fixées, en position inverse et au moyen de vis, sur les deux faces opposées de la tringle, qui, à cet effet, porte une série de trous, à l'aide desquels on peut faire varier la distance d'une came à l'autre. Celles-ci correspondent d'ailleurs respectivement aux mentonnets 1 et 2 du secteur.

Voici maintenant le jeu de ce mécanisme : lorsque le piston P, obéissant à la pression de l'eau motrice, s'élève dans son cylindre avec la tige dd', la came 3 rencontrant le mentonnet correspondant du secteur, l'entraîne avec elle, et, par suite, fait monter les petits pistons pp'. Mais bientôt, par suite du mouvement angulaire de ce dernier, il y a échappement, et le piston P achève sa course pendant que la régulation ascendante s'opère pour fermer le tuyau d'admission et favoriser l'émission.

Un instant après le piston P redescend; mais cette fois la came 3 ne rencontre plus le mentonnet qui lui correspond, et qui, après son échappement, était demeuré immobile. C'est au contraire la came 4 qui accroche le mentonnet 2, lequel s'est avancé vers la tringle en même temps que l'autre s'en était éloigné. Le secteur redescend, et avec lui les petits pistons, qui viennent reprendre la position indiquée à la *fig.* 1. A ce moment, il y a nouvel échappement, et le piston P continue à descendre jusqu'à la limite inférieure de sa course pendant que s'effectue la régulation qui a pour objet de le mettre de nouveau en rapport

avec la colonne de chute, et lui faire commencer une nouvelle pulsation.

Principe de cette régulation.

Le système de régulation que je viens de décrire, et qui assure la continuité du mouvement de la machine, repose sur l'idée aussi neuve qu'heureuse d'emprunter directement à la colonne motrice elle-même la petite provision de force dont tout régulateur doit être doté pour fonctionner en dehors de l'impulsion immédiate du piston principal. Ce magasin de forces, sans lequel le piston s'arrêterait indubitablement au moment d'atteindre les limites de sa course et de franchir ses points de rebroussement, a été placé pour d'autres appareils à colonne d'eau ou à vapeur, tantôt dans des masses plus ou moins pesantes, que la machine élève pour les laisser tomber, tantôt dans l'action de ressorts, de volans, etc. Notre moyen, qui réunit à une grande simplicité le mérite de se rattacher au principe hydraulique fondamental de la machine elle-même, possède aussi l'avantage de présenter toute facilité pour modérer ou accélérer autant que l'on veut le mouvement du piston régulateur.

Moyen de faire varier la course du piston moteur.

Ces changemens de vitesse, qui sont infiniment précieux pour faire varier à volonté et avec une rare précision la course du piston moteur, s'obtiennent avec le secours de deux robinets modérateurs a_2, e; le premier sert à étrangler plus ou moins la veine fluide qui pénètre dans l'annulaire w; l'autre produit le même effet sur cette veine au moment de son émission. Ces robinets sont à cet effet munis l'un et l'autre de clefs ou manches (non représentés sur le dessin), que le machiniste peut tourner à la main lorsqu'il le juge nécessaire, et qui sont pour lui un véritable gouver-

nail. Ils fournissent aussi un moyen facile d'arrêter la machine : quand, en effet, le piston R est arrivé au milieu de sa course ascensionnelle et se trouve placé par le travers de la tubulure T T', il suffit de fermer le robinet *e* pour faire cesser instantanément tout mouvement dans la machine ; on la remettra en train avec la même facilité en rouvrant le robinet *e*. On obtient un résultat semblable dans la marche opposée du piston R, mais alors il faut fermer le robinet a_2. Moyen d'arrêter la machine.

Mais là ne se bornent pas les avantages de notre régulateur à pistons. Il est une autre disposition d'une haute importance qui le distingue pardessus tout, et que j'ai signalée déjà, à propos des machines de Bavière, comme un moyen efficace de prévenir les chocs qui se manifestent toutes les fois qu'il s'agit d'arrêter de hautes colonnes d'eau en mouvement dans le sens de la gravité, ou lorsqu'on veut soulever brusquement de pareilles colonnes quand elles sont à l'état de repos. Dispositions capitales du régulateur bavarois.

Cette disposition capitale consiste simplement à donner au piston régulateur une forme particulière et telle qu'il ne ferme pas tout à coup, mais seulement par degrés insensibles, les orifices d'admission et d'émission.

Le piston R est un cylindre creux en bronze assez bien tourné et rodé pour remplir exactement les espaces bc, $b'c'$ parfaitement cylindriques aussi. Au milieu, sur une hauteur $x'x_1$, un peu plus grande que celle bb' de la tubulure T', la surface extérieure est pleine et unie ; mais à chacun des bouts, sur le reste de sa hauteur, il présente huit entailles ou cannelures cunéiformes $x'x''\ldots x_1x_2\ldots$ qui ont leurs têtes $x''x_2$ rangées sur le pourtour des deux bases du piston.

Lorsque la régulation s'effectue, en montant par exemple, on voit que le piston R, qui occupait $b'c'$, après avoir cheminé à travers la tubulure T', va présenter sa surface supérieure à l'entrée du cylindre bc : à ce moment le mouvement de la colonne de chute serait arrêté si le piston était uni ; mais les cannelures offrant encore une issue à l'eau, celle-ci continue à pénétrer dans la tubulure en quantité toujours décroissante, jusqu'à ce que les sommets x' des cannelures soient eux-mêmes engagés dans le cylindre bc. C'est alors seulement que le piston P arrive à la limite supérieure de sa course, et que la colonne de chute reprend l'état de repos. Mais comme presqu'au même instant les sommets x_1 des cannelures inférieures atteignent le bord b' de la tubulure, l'émission commence, et, partant aussi, la descente du piston P, dont le mouvement s'accélère à mesure que les cannelures x_1x_2 se dégagent, et surtout quand la base inférieure du piston R s'élève au-dessus du point b' et atteint le point b terme de sa course.

Immédiatement après, commence la régulation en descendant : ainsi l'émission de l'eau du grand cylindre se ralentit dès que le piston R qui rétrograde atteint le point b', et elle cesse bientôt tout-à-fait quand la partie x_1x_2 de ce piston s'est entièrement logée dans l'espace $b'c'$. Mais alors aussi apparaissent dans la tubulure les sommets x' des entailles supérieures, et avec elles les premiers filets d'eau motrice; il y a admission : c'est ce qu'exprime la *figure* 1 de la *Pl. II*, où le piston P, mis en contact avec la colonne de chute, a commencé son ascension. La vitesse, très petite d'abord, augmente graduelle-

ment en raison des sections de débit toujours croissantes que les cannelures présentent successivement à l'eau motrice; et se trouve à son maximum quand ces dernières sont entièrement dégagées; le piston R regagne bientôt le bord inférieur de la tubulure, point de départ.

On voit par ces détails, sur lesquels je me suis appesanti à dessein un peu longuement, que le piston régulateur disposé comme il l'est, opère dans chacune de ses fonctions, tant en montant qu'en descendant, de deux manières également favorables à l'effet et à la conservation matérielle de la machine : **Importance des avantages attachés à une régulation graduée.**

1° Il anéantit peu à peu, mais vers la fin de la course seulement, toute la vitesse dont le piston moteur est animé;

2° Il dispose ce dernier à reprendre sa marche rétrograde par degrés insensibles et sans vitesse initiale.

De là il résulte que la puissance n'agissant jamais d'une manière brusque sur le piston, et par conséquent sur la résistance, il n'y a jamais de chocs, lorsqu'il s'agit de faire sortir de l'état de repos les masses à mouvoir tant solides que liquides : il en est de même quand ces masses en mouvement, et en particulier la colonne de chute, reprennent leur immobilité.

Ces effets sont analogues à ceux que l'on produit avec des corps élastiques, avec des réservoirs d'air, par exemple, qui en pareille occurrence sont employés quelquefois et conseillés dans l'intérêt du principe de la conservation des forces vives. Je dois dire toutefois que ce moyen, bon et vrai en théorie, offre dans la pratique, et surtout pour les puissantes machines, de grands inconvé-

niens; aussi a-t-il été bientôt abandonné en Bavière, où l'on y avait songé, parce qu'il ne présentait pas à beaucoup près la sûreté et la constante efficacité de celui que je viens de décrire.

Les bons effets de ce dernier sont au surplus clairement démontrés par l'exemple de la machine d'Huelgoat, dans laquelle il est impossible d'apercevoir sur aucun point la moindre manifestation matérielle de force vive, de chocs, de contre-coups et de vibrations. Les mouvemens s'y effectuent partout avec un moelleux et un silence que je n'ai encore observé dans aucune autre machine.

Ces excellens résultats sont dus à l'application d'une idée tellement simple qu'elle semble avoir été sentie par tout le monde, sans que pourtant elle ait été émise et exécutée par personne. Du reste il n'y a pas lieu de s'étonner d'un tel retard qui est sans doute un effet de l'inertie propre à l'esprit humain comme aux choses; car combien n'y a-t-il pas de procédés ingénieux, d'inventions de la plus haute importance qui reposent ainsi sur des riens, sur des traits de lumières ou sur les combinaisons les plus simples de l'intelligence? Honneur donc à M. de Reichenbach!

Autre avantage des régulateurs à pistons.

Le régulateur à pistons, qui sera sans doute partout substitué au robinet employé dans les anciennes machines, présente encore un avantage que je ne dois pas laisser inaperçu : il permet d'employer un orifice d'admission pour ainsi dire indéfini, égal du moins en section à la colonne de chute, et par conséquent de diminuer autant qu'on veut la résistance de l'eau motrice.

Si le diamètre du piston régulateur proprement dit est arbitraire, il n'en est pas de même de sa longueur, non plus que du nombre et des dimen-

sions des cannelures qui le terminent. Je confesse qu'à cet égard je ne saurais donner aucune indication rationnelle, et que j'ai moi-même suivi les seuls enseignemens de la pratique ; je dirai cependant que la longueur du piston doit être au moins triple de la hauteur de la tubulure, et qu'en général elle doit augmenter, de même que le nombre et la profondeur des entailles, avec la hauteur de chute, le volume des eaux motrices et la vitesse que l'on veut donner à l'appareil; cette vitesse toutefois a des limites que nous avons indiquées plus haut. Dimensions à donner au piston régulateur.

La détermination des diamètres du piston d'aide et du manchon qui le surmonte est soumise à des règles beaucoup plus positives, et rentre même tout-à-fait dans le domaine de l'analyse. Après avoir fixé la vitesse moyenne de la régulation et arrêté les principales dimensions des pièces qui s'y rapportent, on cherche et on exprime algébriquement les forces qui sollicitent le système des pistons, tant en montant qu'en descendant, ainsi que les diverses résistances hydrauliques et autres (qui seront évaluées en pression d'eau et rapportées aux tiges des pistons), on arrive ainsi à deux équations, au moyen desquelles on détermine les deux inconnues de la question.

Ordinairement cette première approximation suffit; mais si l'on veut plus de précision encore, on partira de ces premiers résultats pour en obtenir de nouveaux qui suffiront à toutes les exigences de la pratique (1).

(1) Dans toutes les machines de Bavière, au lieu du manchon K on fait usage d'un troisième piston assemblé sur le même axe que les deux autres, et qui pour notre

En général il vaut mieux pécher par excès que par défaut dans l'évaluation des résistances qui sont opposées à la régulation, parce qu'au moyen des petits robinets modérateurs on peut se rendre maître d'une résultante trop grande dans l'un et l'autre sens. Il n'y a là d'autre inconvénient que celui de dépenser inutilement un peu plus d'eau motrice, mais cette dépense est toujours si petite relativement à celle qui se fait dans le cylindre principal, qu'elle peut être négligée. Dans notre machine, en effet, on voit que pour une consommation d'eau de $1^{m.c.},880$ faite sous le grand piston, on n'injecte dans le vide annulaire du régulateur qu'environ $0^{m.c.},33$, et qu'une économie de moitié, par exemple, sur cette quantité, serait tout-à-fait insignifiante.

Modérateur pour faire varier la course de la machine.

J'ai expliqué comment on peut faire varier la course du piston principal, soit en changeant la distance qui sépare les deux petites cames fixées sur la tige *dd'*, soit, ce qui est bien préférable, en modifiant la vitesse de la régulation. Mais il fallait de plus, pour se rendre parfaitement maître du jeu de la machine, un moyen pour modifier la vitesse de la course du même piston, et régler

---

machine se serait trouvé au-dessous du piston R; une telle disposition, bonne pour certaines circonstances locales, avait le grave inconvénient de rejeter le mécanisme vital du régulateur au-dessous de la tubulure T' et de la pièce HH', c'est-à-dire dans une région incommode et obstruée par le tuyau montant de la pompe. J'ai donc préféré le manchon qui, entre autres avantages, avait celui de placer le machiniste dans une position favorable à la surveillance et à l'entretien des parties délicates de l'appareil. On facilitait beaucoup aussi de cette manière la visite et la réparation des pistons.

par conséquent le nombre des pulsations de la machine. On parvient à ce but au moyen de modérateurs ou valves circulaires V, V′ placés dans les tuyaux d'admission ou d'émission O, S, et emmanchés sur des axes de rotation verticaux qui traversent les parois supérieures desdits tuyaux. Chacun de ces axes est emprisonné dans une petite boîte à cuir W, W′, et porte à son extrémité un secteur denté y, y', qui engrène une vis sans fin munie d'une manivelle. Lorsqu'on veut faire varier la vitesse de la montée du piston P, on tourne la valve V; quand c'est au contraire la vitesse de descente qu'il s'agit de modifier, c'est à la valve V′ du tuyau d'émission que l'on s'adresse. Il est presque inutile de dire que l'on ferme les valves pour ralentir, et qu'on les ouvre pour accélérer le mouvement. Celle d'admission est presque entièrement fermée dans ce moment, parce que la machine, calculée dans la supposition d'une pompe placée à la profondeur de 230 mètres, ne fonctionne encore qu'à celle de 170 mètres.

Ces considérations sur les modérateurs complètent la description de toutes les parties organiques ou principales de la machine. Il ne me reste plus, pour terminer ce qui la concerne, qu'à parler de plusieurs dispositions qui, pour être secondaires, ne demandent pas moins d'être mentionnées; quelques détails d'exécution sur les pistons, les boîtes à cuir, etc. ne seront pas inutiles non plus. Dispositions accessoires.

Les pièces U et I ont pour objet de limiter en haut et en bas la course du régulateur RJK.

Lorsque le manchon K arrive à la limite supérieure de sa course, il serait bien, à la rigueur, arrêté contre le fond de la boîte à cuir H″; mais

comme les boulons qui le fixent sur le piston d'aide J pourraient se fatiguer et se détériorer à la suite de ces rencontres répétées, il m'a paru préférable d'arrêter le manchon par son sommet couronné d'un plateau K', contre la traverse d'une potence en fer (*fig.* 5) fixée sur la pièce H''. Cette potence U, pour plus de précaution, est munie d'une boîte en tôle, composée de deux parties U U', pouvant rentrer l'une dans l'autre, dans laquelle se trouve en U'' (*fig.* 1) un matelas élastique en liége.

D'un autre côté, le plateau e_3e_4 qui ferme en bas la pièce H'H'', porte à son centre un godet I toujours plein d'eau, dans lequel vient s'engager et se poser une béquille qui se trouve sous le piston R, lorsque celui-ci descend; l'eau qui s'échappe alors avec peine du godet devient un obstacle assez grand pour amortir sans choc le mouvement du régulateur.

Un moyen semblable a été employé dans le cylindre principal pour le cas où le piston P viendrait à dépasser le bord supérieur de la tubulure T, limite ordinaire de sa course. Une cuvette Z, qui est assujettie par des boulons sur le milieu de la base du cylindre, reçoit alors une couronne en plomb de même diamètre Z', qui est fixée en contrebas du moyeu central du piston P, et le mouvement s'arrête sans choc apparent.

Au surplus, ces diverses dispositions sont plutôt des mesures de prudence que des nécessités; en Bavière on n'y a pas recours. En les indiquant, j'ai eu aussi pour but de faire connaître un artifice qui peut recevoir d'utiles applications dans la construction des machines hydrauliques, lorsqu'il s'agit de prévenir des chocs là où des réservoirs

d'air ni d'autres corps élastiques ne peuvent pas être employés.

Lorsqu'il est question de remettre la machine en mouvement (après une réparation qui avait forcé de la vider entièrement), on éprouverait de la part de l'air contenu alors dans toutes les parties de l'appareil de grandes contrariétés, si l'on n'avait pas un moyen facile de s'en débarrasser. Deux vis creuses, avec trou latéral, ont été adaptées à cet effet sur le piston moteur, l'une au point P, l'autre, plus petite, et qui n'a pas pu être figurée dans le dessin, sur la tubulure *o* du cylindre qui renferme les petits pistons *pp'*. Pour donner à l'air le temps de circuler et de s'échapper autant que possible, on a soin de ne faire arriver l'eau motrice que très lentement; puis on ferme les orifices aussitôt que cette dernière s'y présente à son tour; bientôt après la colonne de chute est pleine, mais il faut aussi remplir le tuyau d'émission qui se relève vers la galerie d'écoulement, et dont la communication avec la colonne de chute est interceptée par le piston R. Ce but est atteint au moyen du tube horizontal coudé $a_{,}e'_{,}$ (*fig.* 5), qui porte à son milieu un robinet; en ouvrant ce dernier, l'eau passe du dessus au dessous du piston R, et pénètre dans la colonne en retour $SS_{,}$ (*fig.* 1).

Ce même tube est utile quand il s'agit de vider la partie de la colonne d'eau qui s'élève au-dessus de la galerie d'écoulement.

Enfin, pour compléter la réunion en un même point et sous la main du surveillant, de tous les moyens propres à lui faciliter le maniement de sa machine, j'ai mis en rapport le tuyau d'admission avec la colonne montante $\Omega_{,}$ (dessin n° 2) de la

pompe qu'il faut toujours remplir d'eau avant de mettre la machine en mouvement.

C'est le tube coudé $\Omega_1 e_4$ qui sert à cet usage; il est adapté en Ω_1 contre le tuyau montant, et en e_4 sous le plateau $e_3 e_4$ (*Pl. II*, *fig.* 7) de la base du régulateur, et un robinet est intercalé entre ces deux points. Je me dispense de répéter comment l'eau est amenée dans cet endroit : on vient de le voir dans l'instant à propos du tube $a_1 e'_1$.

Je ne parlerai ici que pour mémoire de la cage de fer hexagonale que l'on aperçoit sur le haut du cylindre principal; son objet sera expliqué plus loin, au troisième chapitre de cette description.

Les dessins joints à ce mémoire expriment si clairement et avec tant d'exactitude la forme, les dimensions et le mode d'assemblage de la plupart des pièces qui entrent dans la composition de cette machine, que je crois pouvoir me dispenser de procéder ici à son anatomie complète (1), ni de m'appesantir ici sur des détails d'exécution que tout constructeur saura deviner. Je ferai exception toutefois en faveur des garnitures de

---

(1) Pourtant il n'est pas une seule des pièces ni des dispositions de la machine qui n'ait été pour moi l'objet d'un véritable travail. Il m'a fallu pour chacune examiner la question de convenance ou *de commodo et incommodo*; déterminer les dimensions d'après l'effort auquel il fallait résister; fixer les formes les plus avantageuses sous le double rapport de la fonction et de la position de la pièce; résumer enfin ces investigations en une description détaillée et un dessin d'exécution particulier.

Aussi ces documens circonstanciés ont-ils complétement suffi à MM. Manby, Wilson et compagnie, qui ont fabriqué les machines avec cette incontestable perfection qui distinguait alors les produits du bel établissement de

pistons et des boîtes à cuir, ou des moyens d'assurer l'imperméabilité des joints entre les parois fixes et les parties mobiles.

Le piston principal porte deux garnitures différentes; la première est formée de quatre bandes ou cercles de cuir, tirés d'épaisseur, superposés et logés dans une rainure à queue d'hironde, pratiquée sur le pourtour du piston; ces cercles sont ensuite réunis l'un à l'autre au moyen de clous ayant les têtes embreuvées dans l'épaisseur du dernier cuir, dont la saillie sur le corps métallique du piston n'est guère que $0^m,001$. Garnitures des pistons et des boîtes à cuir.

La seconde garniture consiste en une seule plaque ou rondelle de cuir serrée contre le dessous du piston au moyen d'une autre rondelle en cuivre et de 24 boulons. Le bord extérieur du cuir, qui dépasse le piston est retroussé, ambouti d'équerre pour frotter contre la surface intérieure du cylindre, et interdire de la sorte tout passage à l'eau. La surface frottante n'a que $0^m,020$ à 0,025 de largeur.

La boîte à cuir, qui est située sous le plateau de base du cylindre, et que traverse la tige X du piston, est aussi garnie de deux manières. Dans le fond on a placé l'une sur l'autre plusieurs rondelles de cuir bien dressées et exactement circulaires; vient ensuite un cuir doublement ambouti en forme de gouttière ou de demi-tore ayant

---

Charenton, dont tous les amis de l'industrie regrettent sans cesse encore la chute. J'ai eu surtout à me louer des soins et de l'empressement de M. Wilson, qui a dirigé cette construction avec tout l'intérêt qu'elle méritait à la fois par la grande puissance et la nouveauté en France de l'appareil qui en était l'objet.

$0^m,03$ de profondeur, dont l'ouverture est tournée vers le piston, et qui est compris entre deux anneaux de cuivre. Ces anneaux sont plans d'un côté, mais pour conserver au cuir la forme qu'on lui a donnée, on les fait courber sur l'autre face : l'un est convexe et entre dans le tore, l'autre est concave pour le recouvrir; on achève de remplir la boîte avec de nouvelles rondelles planes en cuir; enfin le tout est serré par le moyen d'un plateau et de 6 boulons.

Un mode de garniture semblable a été employé dans la boîte à cuir H'' du régulateur, dans celles W, W' des modérateurs, ainsi que pour le piston d'aide J; seulement, comme ce dernier est soumis à la pression de l'eau par ses deux faces, on a intercalé entre elles deux tores dont les ouvertures sont tournées en sens opposés.

La garniture qui fait la clôture de l'orifice du petit cylindre *i* est plus simple; elle est formée d'une seule rondelle de cuir retroussée vers en bas à sa partie médiane de $0^m,01$ au plus, et assujettie au moyen d'un couvercle boulonné sur l'oreille dudit cylindre.

Le petit piston, dont la masse est en étain, porte aussi à sa partie supérieure une calotte en cuir pressé pour toute garniture. Le piston *p* est tout entier en étain, dont le frottement sur le bronze est toujours fort doux; il ne saurait être armé de cuir, à cause de la condition à laquelle il est soumis de traverser la tubulure *o* à chacune de ses évolutions.

Le cuir pour ces divers emplois, a reçu la forme qui lui était assignée, en le soumettant à une forte compression entre des moules particuliers, après l'avoir toutefois ramolli dans l'eau; ensuite,

avant de le mettre en travail, on l'a fortement imprégné d'huile animale, qui avait le double objet de lui faire conserver une certaine raideur dans son contact avec l'eau et d'adoucir les frottemens.

Ces sortes de garnitures, excellentes sous le rapport de l'imperméabilité, durent extrêmement long-temps, surtout lorsqu'il est possible d'entretenir constamment d'un enduit gras (1) le corps contre lequel le frottement a lieu, comme c'est le cas du grand cylindre, de la tige de son piston et du manchon K. Dans ces diverses applications les mêmes cuirs ont résisté à un travail non interrompu de plus de trois années, et ne donnent encore aucun signe d'altération; ceux du piston d'aide ont été usés et renouvelés au bout de deux ans et demi de service. Ces exemples, qui montrent combien cette matière (le cuir) est précieuse dans la construction des appareils hydrauliques, témoignent aussi de la perfection de nos machines sous le rapport du frottement des corps solides entre eux, et justifient nos prévisions d'une *réduction* considérable dans les dépenses occasionnées pour le service de l'épuisement.

Il n'y a dans la machine que deux parties dont l'exécution soit réellement très délicate; c'est d'une part, le système des pistons régulateurs RJK, et de l'autre celui des pièces H H′ H″. La

(1) La graisse qui sert à enduire les cylindres et les tiges en contact avec le cuir, se compose d'un mélange intime fait à feu doux, de

Saindoux	6	Sa consistance doit être celle du miel.
Suif.	5	
Huile d'olive ou huile de pied de bœuf. .	1	

difficulté consiste à obtenir la coïncidence rigoureuse des axes des divers cylindres dont chacun de ces système se compose, et dans l'ajustement précis de ces derniers entre eux. Je ne saurais trop insister sur la nécessité d'une exécution parfaite, et par conséquent d'une grande liberté de mouvement dans l'appareil régulateur; c'est une condition absolue du bon effet et du salut de la machine.

Colonne de chute.

Il ne me reste plus pour compléter ce chapitre qu'à parler de la colonne de chute et de son alimentation par l'aquéduc supérieur. La colonne d'émission, considérée comme moyen de balancer le poids de la maîtresse tige, sera décrite au chapitre suivant.

La chute réelle, effective, ou plutôt la distance verticale entre l'aquéduc supérieur et la galerie d'écoulement, est de 60 mètres; mais, ainsi que nous avons déjà eu occasion de le dire, la colonne de chute, celle qui agit sous le piston principal à l'origine de son mouvement, a 74 mètres de hauteur. La différence de 14 mètres entre ces deux nombres s'applique au balancement de la maîtresse tige.

Cette colonne est formée d'une suite de tuyaux en fonte qui, partant du point O_1, près de la machine, sont d'abord horizontalement placés dans une galerie qui sépare le puits principal d'un autre puits dans lequel ces tuyaux se relèvent verticalement vers l'aquéduc supérieur. Le coude circulaire qui raccorde ces deux directions a été fait aussi grand que possible; il a selon son axe $2^m,45$ de rayon. La partie verticale de la colonne s'élève jusqu'au point O_3, où elle est de nouveau repliée au moyen d'un coude pareil au précédent,

pour se raccorder avec le sol de la galerie aquéduc qu'elle suit avec une légère pente ascendante sur une longueur d'environ 7 mètres. Enfin, en O_4 elle traverse une espèce de digue en maçonnerie, et elle se courbe une troisième fois pour plonger au fond d'un grand bassin ou réservoir, qu'alimente sans cesse en A_1 la galerie qui amène les eaux du jour.

Bassin d'alimentation des tuyaux de chute.

La colonne des tuyaux de chute fonctionne donc ici à la manière d'un syphon toutes les fois que le niveau de l'eau dans le bassin descend au dessous du point culminant O_4 des tuyaux placés au sol de la galerie d'écoulement. Cette disposition, qui avait il est vrai l'inconvénient d'un plus grand nombre de coudes, a été déterminée par les motifs et les avantages suivans :

1° D'éloigner du puits de chute toute la masse des eaux motrices, ainsi que le danger de leur irruption;

2° De placer le bassin dans un terrain solide, et de pouvoir par conséquent lui donner des dimensions très grandes, tout en lui assurant, au moyen de bonne maçonnerie, une imperméabilité et une indestructibilité absolues;

3° De ne point obstruer l'orifice du puits et de le laisser libre pour le service du montage et des réparations des colonnes de chute et de leurs supports;

4° De tenir l'embouchure du tuyau plongée dans une masse d'eau assez grande pour que la dénivellation que celle-ci éprouve à chaque pulsation soit très petite et n'ait aucune influence sur le travail de la machine;

5° D'avoir toujours une assez grande provision d'eau motrice auprès de la colonne pour faire face

aux irrégularités qui peuvent survenir dans l'alimentation de l'aquéduc, et pour donner le temps d'aller régler cette dernière à la vanne de prise d'eau située au jour, et éloignée de 348 mètres;

6° De diminuer beaucoup l'inconvénient des entonnoirs d'air qui seraient inévitables dans le cas d'un orifice de tuyau tourné en sens contraire, vers en haut.

Ce bassin sert d'ailleurs à l'épuration des eaux qui se rendent à la machine; je ferai connaître plus loin le moyen établi en *jj* pour retenir les corps flottans (les feuilles, etc.) que l'eau charrie.

(*La suite à la prochaine livraison.*)

MÉMOIRE

Sur la composition des roches d'euphotide.

Par M. BOULANGER, aspirant-ingénieur des mines.

Jusqu'à présent on avait considéré les roches d'euphotide comme exclusivement formées de diallage cristallin, empâté par une matière feldspathique, à base de potasse ou de soude. Dans un travail tout récent sur quelques roches analogues, M. Gustave Rose regarde les euphotides (gabbro) comme formées de diallage et de labradorite. Ayant eu l'occasion d'examiner la composition chimique de quelques-unes de ces roches, je me suis assuré que la pâte blanche qu'elles renferment était loin de présenter toujours la composition soit des feldspaths, soit du labrador.

La première de ces roches, que j'aie d'abord examinée, est une euphotide, qui forme la masse du noyau central du mont Genèvre (Alpes). Cette roche est formée de diallage vert, brun, empâté par une substance blanche avec une légère teinte verdâtre. Cette matière, qui ressemble en effet beaucoup au feldspath jadien, est très compacte, dure, ne se laissant pas rayer au couteau; elle n'offre pas les reflets irisés du labrador; elle est très facile à fondre au chalumeau. Sa densité à la température ordinaire est d'environ 2,65. Cette pâte blanche forme une faible partie de la roche, et il est difficile de la séparer du diallage; cependant on a pu par le triage en obtenir une

Euphotide du mont Genèvre.

quantité assez considérable pour en faire l'analyse. Cette substance est difficile à réduire en poudre, et, sous le marteau, elle se brise en esquilles assez fines.

Pour en faire l'analyse, on l'a réduite en poudre impalpable, et on l'a fondue, avec quatre fois son poids de potasse caustique, au creuset d'argent. La matière, délayée dans l'eau, a été saturée par un acide qui l'a complétement dissoute, puis on a évaporé à sec. En reprenant par l'eau, on a séparé la silice. La liqueur précipitée par l'ammoniaque caustique a donné l'alumine. On a ensuite précipité la chaux par l'oxalate d'ammoniaque. Enfin, le phosphate de soude, mis dans la liqueur filtrée et sursaturée par l'ammoniaque, a donné du phosphate ammoniaco-magnésien.

Cette opération ne pouvait pas servir à doser les alcalis; on a donc dû faire une autre analyse spécialement dirigée dans cette vue. On a mêlé à cet effet une autre partie de la matière bien porphyrisée avec trois fois son poids de carbonate de plomb et une partie de nitrate de plomb.

Le mélange a été fondu au creuset de platine, placé dans un autre creuset, afin d'éviter le plus possible le contact des gaz combustibles. Lorsque le tout fut devenu bien liquide, on le versa dans une capsule remplie d'eau froide, afin de diviser le verre de plomb. Les grenailles vitreuses qui en résultèrent, après avoir été séparées de l'eau, furent attaquées par l'acide nitrique : il se forma de suite une croûte de sous-nitrate de plomb, se dissolvant facilement dans l'eau, et en décantant on put continuer l'attaque par l'acide : quand elle fut terminée, la liqueur, d'abord évaporée en grande partie, puis étendue de nouveau,

fut filtrée. La silice ainsi obtenue est rarement pure : il paraît qu'il est très difficile d'en séparer les dernières traces de plomb, et il a fallu la reprendre par de l'acide nitrique à chaud, pour la purifier. La liqueur nitrique fut précipitée par le sulfate d'ammoniaque, qui en sépara la plus grande partie du plomb, dont les dernières traces furent précipitées par un courant d'hydrogène sulfuré. La liqueur filtrée contenait l'alumine, la chaux, la magnésie et les alcalis. On a précipité les deux premières bases et évaporé à sec la liqueur qui en fut séparée. Le résidu contenait la magnésie et les alcalis à l'état de sulfates, puis des sels ammoniacaux. On le calcina au creuset de platine pour chasser ces sels ammoniacaux; puis la matière fut chauffée jusqu'à fusion dans une capsule de platine d'un poids connu. On put ainsi avoir le poids des sulfates magnésien et alcalin. On a redissous par l'eau, puis précipité l'acide sulfurique par le nitrate de baryte; en défalquant l'acide sulfurique obtenu du poids des sulfates, on a eu le poids des bases. La liqueur a été ensuite précipitée par le carbonate d'ammoniaque, pour séparer la baryte, et évaporée à sec; le résidu calciné avec du carbonate d'ammoniaque a donné de la magnésie caustique et du carbonate alcalin; en reprenant par l'eau, on a séparé la magnésie, qu'on a pesée : par différence, on a déduit le poids de l'alcali, qu'on a pu évaluer d'ailleurs en le convertissant en chlorure, et pesant celui-ci : l'alcali ainsi déterminé était de la soude.

Il résulte de cette double analyse que la pâte blanche de l'euphotide du mont Genèvre est composée comme il suit :

		Oxigène.	Rap. at.
Silice	0,446	0,231	3
Alumine. . .	0,304	0,140	2
Chaux. . . .	0,155	0,043	}
Magnésie . .	0,025	0,009	} 1
Soude. . . .	0,075	0,019	}
	1,005		

Ce résultat conduit à la formule



$$2\,ASi + (Ca, M, Na)\,Si$$

qui diffère essentiellement de celle du feldspath puisque celle-ci représente un silicate simple, tandis que le feldspath est un trisilicate. Du reste, cette formule ne se rapporte guère à aucune espèce connue.

Variété du mont Genèvre.

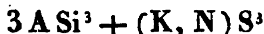
Parmi un grand nombre d'échantillons d'euphotide du mont Genèvre, on en a remarqué quelques-uns dans lesquels la pâte blanche était parfaitement lamellaire : cette circonstance m'a déterminé à analyser la pâte d'un de ces échantillons. Le diallage qui entre dans la composition de cette roche est le même que celui de l'échantillon sur lequel a porté l'analyse précédente; mais la pâte blanche présente plusieurs clivages, dont deux très distincts paraissent rectangulaires ; on a pu détacher de la masse un très petit morceau terminé par des plans de clivage qui avait toute l'apparence du feldspath. La pâte blanche offre çà et là des parties chatoyantes ; elle est dure, inattaquable par les acides : sa densité est de 2,58. Elle fond au chalumeau en émail blanc.

Cette substance a été analysée en la fondant avec de la potasse caustique. Quant au dosage des alcalis, on l'a effectué en traitant la matière en poudre impalpable et tenue en suspension dans

l'eau, dans un creuset de platine, par de l'acide hydrofluorique gazeux; elle s'attaque ainsi très facilement; on a évaporé à sec avec de l'acide sulfurique pour avoir des sulfates, et on a achevé l'analyse comme à l'ordinaire. On a trouvé, pour la composition de la substance, les résultats suivans:

		Oxigène.	Rap. at.
Silice	0,666	0,3459	12
Alumine . . .	0,185	0,0864	3
Chaux	0,018	0,0050	
Soude	0,060	0,0150	1
Potasse . . .	0,043	0,0073	
	0,972		

Cette analyse conduit à la formule



$$3\,A\,Si^3 + (K, N)\,S^3$$

qui est celle des feldspaths : mais la roche à laquelle la substance dont il s'agit appartient diffère beaucoup, par son aspect et par la texture cristalline de sa pâte, des autres roches de la même localité et aussi des euphotides ordinaires; de sorte qu'il se pourrait que le fragment d'où on l'a détachée, et qui était en bloc roulé, appartînt à un filon accidentel dans la masse de la montagne.

J'ai ensuite soumis à l'analyse la pâte d'une euphotide de la vallée d'Orezza (Corse). Cette roche est composée de trois parties distinctes : de diallage vert, d'une substance noirâtre qui paraît être aussi du diallage à un autre état, enfin de la matière blanche dont il est ici question. Ces trois substances sont disposées à peu près en bandes parallèles, qui donnent à la roche un aspect rubanné. La roche est très tenace et se casse surtout parallèlement aux lignes suivant lesquelles sont disposées les matières qui la composent. La

Euphotide de la vallée d'Orezza.

pâte blanche paraît au contraire avoir une sorte de clivage perpendiculairement à cette direction; car, dans la cassure de la roche, cette matière présente comme des gradins dans ce sens. Cette substance est très compacte; elle est dure mais un peu moins que les précédentes; elle fond facilement au chalumeau, et est inattaquable par l'acide sulfurique concentré. La densité de cette matière est, à la température ordinaire, de 3,18.

L'analyse de cette matière faite au moyen du carbonate de plomb pour les alcalis, et de la potasse pour le dosage des bases terreuses, a donné les résultats suivans :

		Oxigène.	Rap. at.
Silice	0,436	0,226	3
Alumine. . .	0,320	0,149	2
Chaux	0,210	0,059 }	
Magnésie. . .	0,024	0,009 }	1
Potasse . . .	0,016	0,003 }	
	1,006		

Cette substance peut donc être représentée par la même formule que la précédente; mais elle présente cette différence que l'alcali qu'elle contient est de la potasse, au lieu de la soude que contient la première.

Euphotide du Fiumalto.

Enfin on a encore analysé une euphotide des rives du Fiumalto (Corse). Cette roche est composée de diallage vert, en lamelles contournées, empâtées dans une matière blanche très abondante, mais qui présente de grandes différences avec les précédentes. Cette substance est très tendre, se laissant facilement rayer au couteau; elle fond bien au chalumeau, en bouillonnant un peu; elle est très aisément attaquée par l'acide sulfu-

rique concentré, à une faible chaleur. La densité de cette substance est de 3,30.

Pour en faire l'analyse, on l'a traitée par l'acide sulfurique concentré: elle a été aisément attaquée à l'aide d'une chaleur d'environ 200°. On a d'abord évaporé l'excès d'acide, puis traité la masse par beaucoup d'eau pour dissoudre tout le sulfate de chaux. Le résidu consistait en silice et matière non attaquée; on l'a dosé, puis ensuite traité par une dissolution bouillante de potasse caustique, qui a dissous toute la silice qui avait été à l'état de combinaison. Le résidu qui était de la matière non attaquée, n'éprouvait aucun changement par l'ébullition dans l'acide sulfurique, et quelques essais ont fait présumer que ce devait être un peu de la matière verte qui s'était introduite dans la pâte à laquelle elle donne en effet une légère teinte verdâtre. La liqueur contenant les bases à l'état de sulfates, a été analysée par les méthodes ordinaires : on n'y a trouvé aucune trace d'alcali.

Cette analyse a donné les résultats suivans :

Matière non attaquée. .	0,038
Silice	0,340
Alumine	0,244
Chaux.	0,318
Magnésie	0,064
	1,004

En faisant abstraction de la partie non attaquée, 1 partie de la substance pure contiendrait :

		Oxigène.	Rap. at.
Silice	0,353	0,1833	3
Alumine. . .	0,253	0,1181	2
Chaux. . . .	0,330	0,1182	2
Magnésie . .	0,066		
	1,002		

Ces résultats peuvent être représentés par la formule suivante



$$2\,Si\,Al + Si\,(Ca, M)^2.$$

Ainsi cette matière est un silicate basique, ce qui s'accorde en effet avec la facilité avec laquelle elle s'attaque par les acides; mais les proportions de silice d'alumine, et de chaux que l'analyse avait indiquées, ne paraissant pas devoir former une masse très fusible en l'absence d'un alcali et à cause de la grande quantité d'alumine, on a fait quelques essais pour découvrir si la matière ne contenait pas de l'acide borique ou du fluor : n'ayant reconnu aucune des réactions de ces deux corps, j'ai dû essayer la fusibilité d'un mélange de silice, chaux, alumine et magnésie, dans les proportions données par l'analyse. Ce mélange, chauffé dans un creuset brasqué au fourneau à vent, a donné un verre très tenace à texture cristalline, qui s'est cassé difficilement sous le marteau, et qui a été alors réduit en éclats très nombreux. Ce verre était transparent; il paraît d'après cela que la fusibilité de cette substance tient principalement à la proportion de 6 pour 100 de magnésie qu'elle contient, car les trois autres élémens ne donneraient tout au plus qu'une espèce de porcelaine.

Si on compare les résultats des analyses précédentes, on voit que toutes les roches examinées diffèrent beaucoup par la composition chimique de la pâte blanche qu'elles renferment, à l'exception toutefois de la première euphotide du mont Genèvre et de celle de la vallée d'Orezza, dans lesquelles la substance peut être représentée par la même formule; mais elles présentent encore cette différence que dans l'une l'alcali est de la

soude, tandis que dans l'autre c'est de la potasse. Il faudrait donc avoir un très grand nombre d'analyses pour arriver à un résultat concluant sur ces sortes de roches; tout ce que nous pouvons tirer des données précédentes, c'est qu'il n'est pas vrai que les pâtes de toutes les euphotides soient ou des feldspaths ou du labrador. Les caractères géologiques de ces roches semblent aussi devoir conduire à la même conclusion, car elles sont constamment associées à des roches talqueuses et serpentineuses, où on ne rencontre jamais de quartz, tandis que le feldspath, qui contient beaucoup de silice, est toujours associé à des roches de quartz, et paraît s'être formé dans des circonstances où la silice dominait.

A cette occasion, j'ai aussi fait l'analyse du diallage de l'euphotide des rives du Fiumalto. Cette matière est verte, en feuillets contournés, rayée par l'acier, fusible au chalumeau, en dégageant de l'eau. Sa densité est de 3,10. On en a fait l'analyse en la traitant par la potasse caustique, au creuset d'argent : on n'y a donc pas cherché d'alcali : la moyenne de deux analyses a donné les résultats suivans : Diallage du Fiumalto.

		Oxigène.	Rap. at.
Silice.	0,408	0,2115	4
Alumine. . .	0,126	0,0588	1
Chaux	0,230	0,0646	2 (Chaux à — de chrôm.)
Magnésie . .	0,112	0,0433	
Prot. de fer.	0,032	0,0007	
— de mang.	0,014	0,0003	
— de chrôm.	0,020	0,0006	
Eau	0,052	0,0462	
	0,994		

Le résultat de cette analyse peut être représenté par la formule



$$A\,Si^2 + 2\,Si\,(M, Ca, Mg, f, cr) + x\,Aq.$$

Or cette formule diffère beaucoup de celle des diallages, qui, d'après l'analyse du diallage de la Spezzia, serait $4\,M\,Si^2 + M\,Aq$. Cette différence, ainsi que celle que la pâte de l'euphotide, offre avec celles des autres roches de la même espèce, ne pourrait-elle pas autoriser à croire que l'euphotide des rives du Fiumalto a été formée sous des circonstances particulières et différentes de celles qui président à la formation des véritables euphotides. Pour décider clairement cette question et assigner d'une manière positive la composition des euphotides, il est indispensable de faire un grand nombre d'analyses des deux élémens de ces roches. Quant aux analyses que nous venons de rapporter, à défaut d'autre mérite, elles auront peut-être celui d'appeler sur ce sujet peu étudié l'attention des chimistes et des minéralogistes.

MÉMOIRE

Sur la position géologique du terrain siliceux de la Brie et des meulières des environs de La Ferté.

Par M. DUFRÉNOY, Ingénieur en chef des mines.

Les différentes formations tertiaires, qui constituent le sol des environs de Paris, sont disposées d'une manière assez régulière dans ce vaste bassin; la vallée de la Seine, qui court à peu près du N. au S. en amont de Paris, les sépare en deux bandes, dont les limites ne sont pas, il est vrai, très distinctes. Le calcaire marin désigné également sous le nom de calcaire grossier, se montre presque exclusivement au jour sur la rive gauche, où il est exploité par de nombreuses carrières, qui fournissent les pierres de construction employées à Paris.

Les collines, qui bordent la rive droite de la Seine, sont au contraire composées de formations d'eau douce, et l'on sait que la pierre à plâtre et les pierres meulières, qui dépendent de ces assises tertiaires, proviennent de l'est de Paris. A mesure que l'on s'éloigne de la ligne que je viens d'indiquer, la séparation entre les formations tertiaires est plus nette, et, à quelques lieues de Paris, on ne trouve qu'accidentellement le calcaire grossier ou les sables marins qui le représentent. Le calcaire d'eau douce au contraire acquiert une très grande puissance, surtout dans le plateau de la Brie compris entre la Seine et la Marne. Dans presque

toute cette vaste étendue, le calcaire est caractérisé par la présence d'une assez grande quantité de silice, circonstance que M. Brongniart a rappelée en le désignant sous le nom de *calcaire siliceux*. La silice y existe dans des proportions et à des états variés. Tantôt elle est disséminée dans la masse même du calcaire, et lui communique alors des propriétés hydrauliques très prononcées. Tantôt elle est réunie sous forme de rognons ou de masses plus ou moins considérables; ces silex ne remplacent point des corps organisés, comme cela est habituel dans la craie; ils sont dus à des concrétions siliceuses qui sont probablement contemporaines du calcaire. La séparation de ces deux substances s'est opérée au fur et à mesure que les eaux, qui contenaient la dissolution, ont déposé la formation qui nous occupe. Il est résulté de cette circonstance que la silice et la chaux carbonatée ont dû se mélanger dans toutes les proportions, aussi voit-on constamment le calcaire et les silex passer de l'un à l'autre par des dégradations insensibles; les cavités de la première de ces roches sont souvent même tapissées de parties siliceuses mamelonnées, qui possèdent assez fréquemment la structure uniforme des agates. Le calcaire de Champigny, regardé comme type du calcaire siliceux, présente cette disposition d'une manière très prononcée. Dans quelques localités la silice est très dominante, le calcaire siliceux devient alors un silex carié, lequel, étudié isolément, ne rappelle en aucune manière la formation calcaire auquel il appartient; il est au contraire entièrement semblable par ses caractères extérieurs aux blocs siliceux qui recouvrent les sommités de Meudon et des bois de Montmorency. Mais l'âge

Caractères du calcaire siliceux.

de ces deux roches, si analogues minéralogiquement, est fort éloigné; la dernière constitue l'assise supérieure des terrains tertiaires du bassin de Paris, tandis que les meulières du calcaire siliceux sont recouvertes par le grès marin supérieur, et appartiennent par suite à l'étage inférieur de ces terrains, dont elles forment l'assise la plus moderne. Malgré cette différence essentielle, on a regardé jusqu'ici toutes les meulières comme appartenant à la même assise: il est vrai que la position superficielle des meulières de La Ferté et de Montmirail rendait cette assimilation naturelle : ce sont ces circonstances qui ont engagé les célèbres auteurs de la *Geographie minéralogique des environs de Paris* à les décrire comme contemporaines, en les distinguant seulement par les noms de meulières sans coquilles et de meulières coquillières.

L'absence de la pierre à plâtre dans la presque totalité du pays recouvert par le calcaire siliceux, a rendu la position de ce calcaire incertaine; son analogie avec les marnes d'eau douce qui existent à Saint-Ouen à la séparation du calcaire grossier et du gypse, l'ont fait regarder comme inférieur à cette dernière assise qui forme aux environs de Paris un horizon géologique si prononcé; il en résulte que les places que l'on a assignées au calcaire siliceux et aux meulières de La Ferté dans l'échelle des terrains de Paris sont fort éloignées, et que ni l'une ni l'autre de ces deux roches ne sont dans leur position réelle. Des observations nombreuses m'ont prouvé que le calcaire siliceux et la pierre meulière ne sont que des manières d'être différentes d'une même formation supérieure à la pierre à plâtre, et inférieure au grès de Fontainebleau. Le calcaire siliceux est par conséquent une

alternance de plus du terrain marin et du terrain d'eau douce dans les formations tertiaires de Paris. Cette formation, très épaisse dans le plateau de la Brie, s'aminoit à mesure que l'on s'approche de la vallée de la Seine, de sorte qu'elle n'est plus représentée que par des couches de quelques pieds d'épaisseur dans les collines des environs de Nogent; mais cependant elle existe encore à la butte de Pantin. Il en résulte que si dans l'intérieur du pays occupé par le calcaire l'absence du gypse ne permet pas de constater la superposition du calcaire sur la pierre à plâtre, cette position relative est au contraire facile à observer en un assez grand nombre de points de la lisière du plateau de la Brie.

Je vais donner quelques exemples pour bien établir les relations que je viens d'indiquer.

Superposition du calcaire siliceux sur le gypse.

Les collines qui bordent la rive droite de la Marne entre Nogent et Lagny, présentent de nombreuses exploitations de pierre à plâtre. Cette substance ne se retrouve plus sur la rive gauche, mais les marnes vertes caractéristiques de cette formation s'y montrent encore de manière à présenter un repère géologique certain : l'amincissement de la formation de pierre à plâtre n'est pas la seule circonstance remarquable que présente la rive gauche de la Marne. Cette formation, qui s'élève presque jusqu'à la hauteur de la butte des moulins de plaisance près de Nogent (*Pl. III*, *fig.* 2), se retrouve à Petit-Brie au niveau de la Marne, d'où il résulte que les couches du terrain plongent vers le S. O. assez fortement.

A Fontenay.

A Fontenay-sous-Bois, situé environ à un quart de lieue de Nogent, la formation gypseuse possède à peu près la même épaisseur que dans les buttes

de Montmartre et de Pantin. Elle s'y divise également en deux masses séparées l'une de l'autre par une certaine épaisseur de marnes schisteuses et distinctes par la nature de la pierre à plâtre. L'inférieure, formée d'une multitude de petites couches dont le tissu est très serré, est exploitée par des puits qui ont une cinquantaine de pieds de profondeur; la masse supérieure est composée de couches puissantes d'une pierre à plâtre sans mélange de marnes et sans alternance de couches à larges cristaux de chaux sulfatée. On trouve dans cette masse quelques ossemens de paléotherium, de même que cela est habituel dans les carrières de Montmartre et de Pantin. Cette partie supérieure de la formation gypseuse est mise à nu par différentes coupures pratiquées sur le flanc de la colline, de manière qu'il est facile d'observer la position relative de toutes les couches qui la composent. Bientôt le sol devient glaiseux, et les marnes vertes associées au gypse succèdent aux derniers indices de pierre à plâtre. Enfin des fragmens de calcaire répandus sur la surface du sol avec une grande profusion, annoncent peu après que la nature a changé, et que des calcaires ont succédé à la formation de plâtre et à ses marnes.

Le calcaire présente les caractères que j'ai indiqués comme propres au calcaire siliceux. Il possède une dureté assez grande due à un mélange intime de silice répandue dans sa masse. Ses cavités sont quelquefois même tapissées de petites géodes siliceuses, mais la circonstance la plus habituelle est de présenter des plaques de silex plus ou moins pures, qui se fondent insensiblement avec le calcaire, de telle sorte que le silex est fortement coloré lorsque les plaques siliceuses ont

quelque largeur, tandis qu'elles sont d'un gris blanchâtre sur les bords. Ce calcaire ne présente pas d'analogie avec les silex meulières qui forment l'assise supérieure des terrains de Paris. Il en diffère essentiellement par son tissu, qui n'est point carié, tandis qu'il est au contraire identique avec le calcaire de Champigny, et celui qui constitue tout le sol de la Brie. Cette concordance entre les caractères minéralogiques de ces différens calcaires est d'accord avec l'absence des sables marins qui n'existent pas dans la côte de Fontenay et de Nogent à la séparation du gypse et du calcaire. Cependant ces sables occupent une épaisseur assez considérable dans le prolongement de cette même côte à Pantin. Les hauteurs de ces deux sommités étant à peu de chose près les mêmes, ainsi que toutes les circonstances géologiques, le manque des sables marins dans ces deux localités contiguës ne peut être attribué à l'amincissement de cette formation; il est dès lors naturel de penser que si les sables marins existaient ils seraient supérieurs au calcaire qui recouvre les sommités de Nogent et de Fontenay. J'indiquerai bientôt qu'effectivement on les trouve dans plusieurs points en recouvrement sur le calcaire siliceux de la Brie; et, comme il résulte de l'identité de hauteur et de constitution géologique des coteaux qui bordent les deux rives de la Marne, qu'avant l'ouverture de cette vallée, le calcaire de la Brie faisait continuité avec le calcaire siliceux de Nogent, on en conclut naturellement que ce dernier calcaire ne peut être assimilé au silex meulière qui appartient à la formation la plus moderne du terrain parisien.

A Nogent. La descente vers Nogent montre la même disposition que la montée de Fontenay (*fig.* 2). Sur le

sommet du plateau, des tranchées ouvertes au-dessus des moulins de plaisance pour la construction d'un fort, font voir la superposition directe du calcaire siliceux sur les marnes, circonstance que nous n'avions fait que juger sur le revers opposé. La hauteur des marnes au-dessus de la vallée est moins grande qu'à Fontenay, et par suite la formation calcaire a une épaisseur plus considérable.

Entre Brie-sur-Marne et Champigny, bourgs situés tous deux sur la rive gauche de la Marne, mais sur deux pentes opposées du plateau de la Brie, le calcaire siliceux atteint une grande épaisseur (*fig.* 2); l'étude de ces deux localités nous montre encore l'amincissement du terrain de pierre à plâtre et l'abaissement de marnes. La présence du calcaire marin dans la plaine qui sépare Champigny de Saint-Maur, donne un moyen certain de juger cet amincissement du terrain de pierre à plâtre. Le calcaire marin est exploité dans cette plaine par plusieurs carrières à puits, dont la profondeur varie de 32 à 36 pieds, suivant l'épaisseur du terrain diluvien, qui recouvre le fond de la vallée de la Seine et de la Marne, et s'élève à une certaine hauteur sur la pente des coteaux qui bordent ces deux courans d'eau. Ce diluvium cache souvent le contact des marnes et du calcaire siliceux; cependant il est à découvert dans quelques points, comme aux environs de Brie-sur-Marne, et surtout près du moulin qui est situé à un quart de lieue au-dessus du village. Ce contact s'observe également dans un puits qui a été creusé pour l'alimentation de la maison des fours à chaux de Champigny. Ce puits, profond de 120 pieds, traverse d'abord le calcaire siliceux, les marnes du gypse sur 10 à 12 pieds de puis-

Calcaire siliceux de Champigny.

sance, et arrive jusqu'au contact du calcaire grossier où est la nappe d'eau. Je vais décrire cette coupe dans laquelle le calcaire siliceux est très développé. Cette formation ayant une grande uniformité dans tout le plateau de la Brie, cet exemple en donnera une idée assez exacte.

Les couches qui reposent immédiatement sur les marnes gypseuses, sont composées de marnes feuilletées blanches, assez solides et semblables à celles qui contiennent la magnésite. Il existe dans ces marnes une très grande quantité de silex, formant des masses plus ou moins irrégulières, et des plaquettes ou petites couches d'un pouce à un pouce et demi de puissance. Ces silex assez fortement colorés en gris, ne se fondent pas dans la pâte, et par suite ne donnent pas naissance à de véritables calcaires siliceux. La surface des silex est recouverte d'une petite couche blanchâtre, terreuse, en grande partie siliceuse, quelquefois cependant magnésienne. Ces marnes sont riches en fossiles. Ce sont principalement des lymnées fort alongées (*Ly. longiscata*, Brong.), quelques planorbes et des paludines (*Pal. lævigata*, Desh.). Ces fossiles ont conservé leur têt, mais il est terreux et friable. On trouve en outre dans ces marnes une assez grande quantité d'empreintes de végétaux alongés, appartenant à des feuilles de monocotylédons, probablement des graminées désignées par M. Adolphe Brongniart sous le nom de *poacites*. Les marnes n'ont pas une grande puissance près du moulin de Petit-Brie, où elles sont exploitées pour recueillir les silex; elles peuvent avoir 30 pieds d'épaisseur.

Au-dessus de ces marnes le calcaire devient compacte, mais d'une manière irrégulière et par

parties plus ou moins larges. Tantôt il est d'un gris jaunâtre clair comme le calcaire lithographique; il présente alors une cassure esquilleuse; tantôt il est d'un gris blanchâtre, et sa dureté est beaucoup moins grande. La silice s'y trouve aussi disséminée de deux manières assez différentes, et en rapport avec la différence dans la nature du calcaire. Ainsi le calcaire jaune esquilleux est pénétré de nombreuses veines de quartz agate, bleuâtre ou rougeâtre, et de cavités tapissées de petits mamelons de la même substance. Ces veines et ces cavités se ramifient dans tous les sens, ainsi qu'on le voit aux fours à chaux de Champigny. Le calcaire lui-même est pénétré de silice, circonstance qui lui donne des qualités hydrauliques supérieures. Dans le calcaire blanc un peu terreux, la silice n'affecte plus des caractères de concrétions aussi prononcés; elle forme des silex blonds qui se fondent dans la pâte et s'en détachent difficilement. De telle sorte qu'au contact des silex, et sur une étendue plus ou moins considérable, la roche est à la fois calcaire et siliceuse, comme cela est habituel dans le fire-stone des Anglais, qui appartient au grès vert. Ce dernier calcaire contient une très grande quantité de petites paludines, souvent transformées à l'état siliceux, d'autrefois ayant encore leur têt, ainsi que nous l'avons observé à Villiers entre Petit-Brie et Champigny. On y trouve aussi quelques lymnées, mais ces fossiles, très abondans dans les marnes inférieures, sont rares dans cette partie supérieure de la formation. Dans quelques points de cette côte, et notamment près de Chenevières, le calcaire siliceux est caverneux. Des échantillons isolés sont

analogues à la pierre meulière de La Ferté, et indiquent déjà le passage de ces deux roches.

La côte de Casnetin près de Lagny, et celle de Quincy dans les environs de Meaux, nous offrent encore la même superposition.

A Quincy la pierre à plâtre est exploitée par des puits dont la profondeur varie suivant leur position. Les puits placés sur le plateau même ont jusqu'à 160 pieds de profondeur; ils traversent le calcaire siliceux sur une épaisseur d'environ 30 pieds. La solidité de cette roche qui ne s'effleurit pas à l'air, fait que souvent les propriétaires de carrières ne maçonnent pas la partie supérieure des puits, et l'on peut voir distinctement le contact du calcaire et des marnes gypseuses supérieures; c'est en visitant ces carrières que j'ai reconnu pour la première fois la position relative du calcaire siliceux et de la pierre à plâtre, position que j'ai vérifiée dans un grand nombre d'exploitations. A Quincy la pierre à plâtre est très développée, elle forme deux masses; la supérieure, qui peut avoir 30 pieds de puissance, est séparée de l'inférieure par 10 à 12 pieds de marnes schisteuses. Cette dernière masse n'a pas au delà de 12 pieds d'épaisseur; cependant elle est exclusivement exploitée, ce qui tient à ce qu'elle présente beaucoup de solidité, tandis que la masse supérieure, traversée de fissures dans différens sens, est très ébouleuse.

Les différens exemples que je viens de citer montrent d'une manière positive la superposition du calcaire siliceux sur le gypse; je puis maintenant donner des preuves de son infériorité au grès marin supérieur, de sorte que sa position géologique sera alors clairement établie; le grès

marin n'existe que dans quelques points isolés de la Brie : pendant long-temps j'ai même douté de son existence, ce qui m'a fait supposer que le calcaire siliceux était contemporain des silex meulières supérieurs; le premier point où cette superposition importante a été reconnue est la colline de Pantin; cette découverte est due à M. Élie de Beaumont, qui l'a reconnue dans une course géologique qu'il fit, il y a plusieurs années, avec MM. les élèves des mines. Dans les tranchées ouvertes pour la construction des fortifications de Paris, on trouve au-dessus des marnes vertes, et au-dessous de la couche à huîtres qui appartient encore à la formation de pierre à plâtre, une couche de calcaire siliceux d'environ deux mètres de puissance. Ce calcaire est blanc et terreux; il contient de nombreux silex noirâtres, qui se détachent complétement du calcaire comme dans la craie; le calcaire et les silex contiennent l'un et l'autre des lymnées et des planorbes. Le grès marin supérieur recouvre les différentes couches, de sorte que la position de ce calcaire siliceux est incontestable; ce fait isolé ne serait peut-être pas suffisant pour en conclure l'âge du calcaire siliceux de la Brie, mais il a mis sur la voie, et bientôt j'ai constaté la même superposition au centre même de ce pays. L'observation faite à Pantin, combinée avec la présence de marnes d'eau douce à silex blonds de Saint-Ouen, lesquelles sont inférieures à la pierre à plâtre de Montmartre, conduirait en outre à penser que le gypse est intercalé au milieu de ce calcaire : la grande différence dans l'épaisseur de cette assise, qui présente quelquefois deux masses également puissantes, et qui souvent n'est repré-

Superposition du grès marin supérieur sur le calcaire siliceux.

sentée que par quelques pieds de marnes vertes, semble confirmer cette opinion; le gypse pourrait être considéré comme formant de vastes rognons au milieu du calcaire siliceux, et alongés dans le sens des couches. Il ferait alors partie du calcaire siliceux; néanmoins toute la masse de cette formation serait supérieure au gypse, ainsi que je viens de le démontrer pour le calcaire de la Brie.

Les points principaux où l'on observe la superposition de grès marin supérieur sur le calcaire siliceux, sont la montée de Mont-Lhéry, où le grès repose sur le calcaire siliceux qui est dans toute sa puissance, la forêt de Gros-Bois, la butte des Griffons, près de Villeneuve-Saint-Georges, et les environs de La Ferté-sous-Jouarre. Je parlerai de cette dernière localité en traitant la question qui se rapporte aux meulières.

Grès marin de la forêt de Gros-Bois.

Dans la forêt de Gros-Bois (*fig.* 1), la formation marine supérieure est peu épaisse. Elle est composée d'argile ocreuse, maculée de parties vertes, et mélangée d'une grande partie de sables et de galets. Elle contient en outre des blocs plus ou moins considérables, analogues à celui que l'on trouve à la montée de Meudon. Cette manière d'être de la formation supérieure est celle qu'elle affecte habituellement en Normandie, où elle paraît s'être déposée sous une petite épaisseur d'eau : tout le sol de la forêt de Gros-Bois est composé de la même manière; mais, sur ses lisières, on voit le calcaire siliceux sortir de tous côtés; de plus sa surface est recouverte en beaucoup de points de blocs de grès analogues à ceux qui sont disséminés dans l'argile; ces blocs ne sont peut-être que les restes de cette formation supérieure qui aurait été dénudée par la

même cause qui a déposé le diluvium si puissant dans la vallée de la Seine.

A la butte des Griffons, la formation de grès marin est très développée; elle a environ vingt mètres de profondeur. Elle affecte les caractères habituels au grès de Fontainebleau; elle se compose de grès siliceux sans adhérence, coloré par de l'oxide de fer avec des parties plus ou moins solides : cette butte s'élève comme un vaste tumulus au-dessus de la plaine composée de calcaire siliceux, de sorte qu'on voit sur toute sa circonférence la superposition du grès sur le calcaire siliceux : la descente vers Villeneuve-Saint-Georges présente des coupes dans lesquelles le calcaire est mis à nu sur 40 mètres de puissance; ces coupes sont d'autant plus intéressantes, que les marnes du gypse ressortent sur les bords de la Seine; on y trouve des boules de strontiane sulfatée, qui confirment la présence de la formation gypseuse. Si maintenant on examine sur une carte les différens points que je viens de citer, et dont la coupe *fig.* 2 représente seulement une tranche, on remarquera que le calcaire siliceux forme une vaste nappe qui a recouvert la formation gypseuse sur toute son étendue. Sur sa surface s'élèvent de distance en distance des buttes sablonneuses, qui sont autant de témoins de la formation supérieure qui ont été respectés par la dénudation.

Butte des Griffons.

Position des pierres meulières. Dans un grand nombre de points du pays dont le sol est formé de calcaire siliceux, on trouve du silex carié, entièrement analogue à la pierre meulière. Mais cette roche ne forme ordinairement que des masses peu puissantes qui ne peuvent être employées à la fa-

Caractères des pierres meulières.

brication des meules. Une autre circonstance qui la rend impropre à cet usage, c'est son mélange avec le calcaire siliceux, mélange tellement intime qu'il existe souvent une dégradation insensible entre le calcaire compacte et le silex pur. Mais dans le plus grand nombre de localités, ces deux roches sont réunies par plaques plus ou moins grandes, de sorte que les blocs que l'on extrait présentent des parties tendres, unies et compactes, composées de calcaire et d'autres dures et cariées, entièrement siliceuses. Dans quelques points notamment à La Ferté-sous-Jouarre et aux environs de Montmirail, le silex carié devient tellement dominant qu'on n'aperçoit pas à la première inspection sa relation avec le calcaire siliceux: l'analogie que cette roche présente au contraire avec les meulières supérieures, les ont fait confondre sous le même nom, et comme appartenant à la même formation. Cependant le mélange de calcaire que nous venons d'indiquer existe même dans les pierres les plus parfaites, et quelquefois même le calcaire contient des fossiles, de sorte que l'identité de formation entre le calcaire siliceux et le silex meulière, ne peut souffrir de doute. Mais en outre on trouve des pierres meulières recouvertes par le sáble marin supérieur, et même dans quelques points, comme au tertre de Flagny (*fig.* 6), situé à moitié chemin de La Ferté à Montmirail, les meulières supérieures existent au-dessus de ce sable marin; cette superposition confirme d'une manière positive les conclusions qui résultent du passage de la pierre meulière et du calcaire siliceux. Je vais entrer dans quelques détails sur cette position relative des meulières.

Position des pierres meulières de La Ferté.

Environs de La Ferté. Cette ville est entourée de collines, dont la base est formée par les assises les plus anciennes du terrain de Paris (*fig.* 4).

1° Les sables inférieurs du calcaire grossier affleurent sur tout leur pourtour; on les voit particulièrement dans le sentier qui descend du hameau des Bondons à La Ferté. Quelques couches minces de calcaire grossier surmontent ces sables, lesquels sont entièrement siliceux et contiennent une très grande quantité de coquilles, ayant toutes leur têt. Des couches argilo-sablonneuses appartenant encore au calcaire grossier recouvrent ce dernier; elles renferment comme les sables inférieurs une quantité prodigieuse de coquilles, presque toutes bien conservées. Les eaux, en dégradant ces sables, entraînent les coquilles, de telle sorte qu'après une pluie abondante on peut en recueillir en abondance dans toutes les rigoles qui sillonnent la partie inférieure de la colline.

2° Une série de couches assez puissantes de calcaire d'eau douce se montre un peu plus haut. Le calcaire, d'abord très argileux, contient quelques silex qui deviennent plus nombreux à mesure qu'on monte le sentier. On y rencontre quelques fossiles, et j'y ai trouvé notamment deux espèces de lymnées dont l'une est la *L. longiscata*, des paludines et des planorbes; les lymnées sont de beaucoup les plus abondantes. Bientôt on trouve quelques meulières, mais on ne remarque nulle part le sable marin qui devrait marquer la séparation du calcaire d'eau douce et de la meulière, si cette dernière roche appartenait à l'étage supérieur du terrain de Paris. Le sol est ensuite tellement couvert jusqu'aux bois qui couronnent le coteau, qu'il est impossible d'observer aucune

superposition ; l'exploitation des nombreuses carrières qui existent dans ces bois, et notamment celles de Tarterel, nous montre en partie ce que la culture empêche de voir. Cette exploitation a lieu à ciel ouvert.

3° Pour arriver à la pierre meulière on est obligé de traverser une masse de sable, dont l'épaisseur varie avec la forme du terrain, mais qui possède dans quelques carrières jusqu'à 16 mètres de puissance. Ce sable, en général légèrement ferrugineux et mince, ne présente aucune trace de coquilles; cette circonstance le distingue du sable du calcaire grossier dans lequel les fossiles sont répandus avec une grande profusion. Au-dessous de ces sables on rencontre presque toujours un lit d'argile très mince, désignée dans le pays sous le nom de *Pyrois*, dont la présence annonce celle de la pierre meulière. Cette roche est en blocs irréguliers, présentant cependant dans leur ensemble une certaine continuité, qui permet de regarder les meulières comme formant un ou plusieurs bancs. Le nombre et la puissance de ces bancs varient presque de toise en toise : dans plusieurs carrières les blocs n'ont pas plus de deux meules d'épaisseur (28 à 30 pouces). Dans les carrières de Tarterel on connaît cinq bancs séparés par de petits lits d'argile, et leur ensemble fournit quelquefois une épaisseur de quinze meules. La discontinuité des blocs des meulières a souvent permis aux sables supérieurs de s'introduire entre les masses que l'on exploite. La pierre meulière paraît alors se trouver au milieu du sable, ainsi que l'indique la coupe *fig.* 4. Cette disposition a fait croire que cette roche était contemporaine du sable, et qu'elle appartenait

l'étage supérieur des terrains tertiaires. S'il en était réellement ainsi, il faudrait que le sable se prolongeât au-dessous de la meulière, et qu'il y eût une séparation tranchée entre celle-ci et le calcaire siliceux, comme cela existe dans la Beauce et dans la forêt de Fontainebleau, où l'on voit du calcaire d'eau douce, souvent mélangé d'une grande quantité de silex, reposer sur le grès marin. Mais au contraire toutes les circonstances sont d'accord pour isoler les sables et les meulières, et pour montrer qu'il existe un passage entre cette dernière roche et le calcaire siliceux. Je rappellerai que ce passage est si fréquent que beaucoup de meules présentent des parties calcaires qui en détériorent la qualité.

Position géologique de la meulière à la côte de Flagny.

La superposition des sables sur la meulière se retrouve dans beaucoup de points; je l'ai observé, mais d'une manière plus nette, à Jouarre, à la côte de Flagny, située à moitié chemin de La Ferté et de Vieux-Maisons, aux carrières de la Villeneuve, près Montmirail, ainsi qu'à celles de Margny dans le même centre d'exploitation. Dans toutes ces localités, les circonstances géologiques sont exactement les mêmes; les décrire serait faire des répétitions inutiles. Je donnerai seulement quelques détails sur la côte de Flagny, attendu qu'elle présente, ainsi que je l'ai annoncé, les meulières supérieures, c'est-à-dire celles employées généralement dans les constructions, et les meulières inférieures, séparées par le sable marin.

Pour montrer l'ensemble des formations, je supposerai une coupe faite à peu près du nord au sud (*fig.* 3), passant par Sablonnières, village situé dans le fond de la vallée du Morin, par

Hondervilliers, placé à mi-côte, et arrivant au tertre de Flagny.

1° Le grès siliceux que j'ai signalé à La Ferté forme le fond de la vallée du Morin, et si on suit cette rivière jusqu'au point où elle se jette dans la Marne, on marche constamment sur les mêmes sables. Il en résulte nécessairement que la base des collines de tout ce pays est formée exactement des mêmes couches : au village de Sablonnières, les couches sableuses sont mises au jour sur une hauteur de 20 à 25 pieds. Elles contiennent une très grande quantité de fossiles, la plupart turritelles, parmi lesquels j'ai recueilli le *cerithium giganteum.* Dans la partie supérieure de ce sable existent quelques couches minces de calcaire grossier, et le sable qui les recouvre est en partie calcaire.

2° Le calcaire siliceux recouvre bientôt le système de couches qui dépendent du calcaire grossier; cette première formation est fort puissante. Toute la première pente de la vallée est sur ce calcaire; les premières couches de cette formation sont à la fois marneuses et schisteuses; elles se délitent facilement à l'air et ne contiennent que quelques rognons isolés de silex noir qui se ramifient irrégulièrement : ces marnes sont assez riches en fossiles, principalement en lymnées (*L. longiscuta*, etc.); on y trouve aussi des planorbes; mais les recherches les plus minutieuses n'ont pu m'y faire découvrir de gyrogonites. Arrivé à la hauteur d'Hondervilliers, le calcaire devient compacte et très siliceux; bientôt toute la surface du pays est recouverte de fragmens de meulières enlevés par la charrue ou de débris qui proviennent des exploitations ouvertes

sur plusieurs points de cette plaine. A Hondervilliers, la meulière n'est point mélangée de sable comme à Tarterel, elle est seulement associée à des argiles ocreuses, au milieu desquelles se trouvent çà et là des blocs plus ou moins considérables susceptibles d'exploitation.

3° En continuant à remonter le petit ruisseau qui passe près d'Hondervilliers, on aperçoit bientôt le tertre de Flagny qui domine le pays. Il forme un mamelon isolé, reposant immédiatement sur le calcaire siliceux qui ressort de tous côtés. Ce mamelon, entièrement indépendant du reste du terrain, paraît comme le dernier massif d'une formation qui aurait couvert la contrée, lorsque les terrains tertiaires se sont déposés.

La pente de cette colline, sans être brusque, est beaucoup plus rapide que celle du terrain que nous venons de parcourir; la nature de son sol est également très différente; il est composé d'un sable jaunâtre, ferrugineux, argileux et micacé dans quelques parties. Au milieu de ce sable, et principalement à sa partie supérieure, on trouve des blocs plus ou moins considérables d'une meulière rougeâtre, très caverneuse, dans laquelle il existe une grande quantité de lymnées et de gyrogonites à l'état de moules siliceux. Les gyrogonites y sont disséminées avec une grande abondance, tandis que ces fossiles n'existent point dans le calcaire siliceux.

La position géologique et la nature des fossiles sont par conséquent d'accord pour distinguer les meulières supérieures des pierres meulières du calcaire siliceux; en effet, une fois qu'on s'est élevé au-dessus des couches sableuses du calcaire grossier, on ne retrouve plus de sable jusqu'à la

côte de Flagny; cependant on marche pendant plus de deux lieues sur la pierre meulière; si cette roche appartenait à l'étage supérieur des terrains tertiaires, le sable devrait se montrer au jour à chaque pas, tandis qu'on ne le trouve qu'au tertre de Flagny, où sa séparation avec le calcaire siliceux est très tranchée.

Entre La Ferté et Rheims, il existe plusieurs autres buttes de sable marin supérieur placées également sur la surface du calcaire siliceux: quelques-unes d'entre elles contiennent des parties solides exploitées pour le pavage, circonstance qui établit une identité parfaite avec le grès de Fontainebleau.

Ces différentes buttes, à peu près de la même hauteur, se correspondent exactement; elles établissent par conséquent d'une manière certaine que le sable marin a formé à une certaine époque un vaste manteau qui a recouvert le calcaire siliceux de la Brie.

A la Cour-de-France, sur la route, les meulières supérieures et les meulières de calcaires siliceux existent réunies dans les mêmes escarpemens et elles y sont séparées, comme à la côte de Flagny, par le grès marin supérieur; la coupe (*fig.* 5), qui m'a été communiquée par M. Huot, montre cette disposition de la manière la plus positive.

Le long des bords de la route, on voit profiler le calcaire siliceux sur une épaisseur d'environ 10 mètres. Assez pur à sa partie inférieure, il présente bientôt de nombreux rognons de silex, et cette formation est terminée par environ 1 mètre d'un silex carié, mélangé de calcaire entièrement analogue à la pierre de la Ferté : des sables sans

adhérence, légèrement micacés, recouvrent le calcaire siliceux et forment une assise de 6 à 7 mètres de puissance. Une couche d'huîtres associée à ces sables indique leur âge et leur nature; ils correspondent au grès de Fontainebleau et représentent la formation marine supérieure.

Enfin le sommet du plateau est recouvert par une petite couche de meulières coquillières, contenant des lymnées à l'état siliceux et une grande quantité de gyrogonites.

Les détails que je viens de donner sur le calcaire siliceux, et que j'aurais pu multiplier beaucoup, les mêmes superpositions se voyant dans un grand nombre de localités, me conduisent à conclure que la formation connue sous le nom de calcaire siliceux, et dont le calcaire de Champigny a été décrit comme un des types, est supérieure à la pierre à plâtre de Paris; qu'elle est inférieure au grès marin de Fontainebleau. Elle appartient encore à l'étage inférieur des terrains de Paris. Conclusion.

La pierre meulière de La Ferté, de Montmirail, et en général des différens dépôts de silex cariés exploités pour la fabrication des meules sur le plateau de la Brie, appartient au calcaire siliceux et n'est qu'un accident dans cette formation.

La position du calcaire siliceux de Champigny est absolue. Néanmoins il ne serait pas exact d'en conclure que toute la formation des calcaires siliceux de la Brie est plus moderne que celle de la pierre à plâtre. L'exemple de Saint-Ouen, où l'on voit la partie supérieure du calcaire grossier passer à l'état de calcaire siliceux me porte à croire, comme MM. Cuvier et Brongniart l'ont indiqué dans la description géologique du bassin de Paris,

qu'une partie du calcaire siliceux de la Brie est parallèle aux silex de Saint-Ouen. Dans ce cas, la pierre à plâtre, au lieu d'être une assise distincte et de former des couches continues, serait, pour ainsi dire, accidentelle; elle constituerait de vastes amas enclavés dans le calcaire siliceux qu'elle partagerait en deux parties. Cette supposition établirait une liaison entre des couches inférieures au grand dépôt gypseux de Paris et des couches qui lui sont supérieures. En admettant que le grès marin supérieur forme une ligne de séparation tranchée entre les différentes assises dont se composent les terrains tertiaires de Paris, les assises qui constituent le groupe inférieur pourraient être regardées comme parallèles et se remplacer mutuellement, quelle que soit la nature des fossiles qui s'y rencontrent. La superposition directe que l'on observe à Montereau du calcaire siliceux sur l'argile plastique et le passage que présentent ces deux formations sont d'accord avec cette idée. Dans cette dernière localité, non-seulement le calcaire siliceux remplacerait le plâtre, mais il représenterait en outre le calcaire grossier.

OUVRAGES

Récemment publiés, relatifs aux sciences et aux arts qui se rapportent à l'exploitation des mines.

FRANCE.

JUILLET — AOUT 1835.

ADMINISTRATION DES DOUANES. Tableau alphabétique des marchandises dénommées au tarif général des douanes de France, avec l'indication des droits dont elles sont passibles, aux termes des lois et ordonnances en vigueur au 1er avril 1835. Publié par l'administration pour être distribué à l'appui du projet de loi sur les douanes, présenté à la chambre des députés dans la session de 1835. —In-4° de 11 f.— Paris, chez Renart. Prix. . 2 f. 50 c.

BULLETIN de la société philomatique de Perpignan; 1re année, tome Ier. In-8° de 9 feuilles. —Imprimerie d'Alzine à Perpignan.

COURS DE GÉOGNOSIE appliquée aux arts et à l'agriculture; par M. *Triger*. Livraisons 1—7. In-8° de 7 feuilles.— Au Mans, chez Pesche.

RECUEIL DE TABLES à l'usage des ingénieurs; par *R. Genieys*. — Paris, chez Carilian-Gœury. . . . 12 fr.

STATISTIQUE MINÉRALOGIQUE du département de la Drôme, ou Description géologique des terrains qui constituent ce département, avec l'indication des mines, des carriè-

res, et en général de tous les gîtes utiles qui s'y trouvent contenus. Ouvrage accompagné d'une carte géologique. Par M. *Scipion Gras*, ingénieur des mines. In-8° de 19 ¼ feuilles, plus une carte. — Imprimerie de Prudhomme à Grenoble.

Théorie mathématique de la chaleur; par *S.-D. Poisson*. In-8° de 67 feuilles, avec une planche. — Paris, chez Bachelier . . . . 25 fr.

Voyage autour du monde, principalement en Californie et aux îles Sandwich, pendant les années 1826—1829; par *A. Duhaut-Cilly*. Tome Ier, in-8° de 26 ¾ feuilles, avec une lithographie. — Paris, chez Arthus-Bertrand. Prix. . . . . 7 fr.

Voyage pittoresque dans le Brésil; par *M. Rugendas*. 1re division, paysages.— 17e livrais., in-fol. de 2 feuilles, avec 5 planches. — Paris, chez Engelmann. . . 12 fr.

Dictionnaire des travaux publics, civils, militaires et maritimes, considérés dans leurs rapports avec la législation, l'administration et la jurisprudence; par M. *Tarbé de Vauxclairs*. In-4° de 70 ½ feuilles. — Paris, chez Carilian-Gœury. . . . . 16 fr.

Métallurgie pratique du fer, ou Atlas des machines, appareils et outils employés à la fabrication de la fonte et du fer, avec un texte méthodique, etc.; par MM. *Leblanc* et *Walter*. 1re livrais., in-4° de 4 feuilles, avec 6 planches in-fol. — Paris, chez Mathias. . . . 12 fr.

Élémens de géologie, ou Seconde partie des élémens d'histoire naturelle inorganique; par *J.-J. d'Omalius d'Halloy*. 2e édition, in-8° de 47 ¼ feuilles, plus un tableau et 2 planches. — Paris, chez Levrault. . 9 fr.

FORMULES pour calculer les hauteurs des remous occasionés, soit par des rétrécissemens, soit par des barrages (avec écoulement de fond) pratiqués dans le lit des eaux courantes ; par M. le baron de *Prony*. In-8° de 1 ½ f. — Paris, chez Carilian-Gœury.

NOTE sur la comparaison des avantages respectifs des diverses lignes de chemins de fer, et sur l'emploi des machines locomotives ; par M. *Navier*. In-8° de 4 feuilles. — Paris, chez Carilian-Gœury.

ADMINISTRATION DES DOUANES. Tarif général du droit de navigation, publié par l'administration. In-8° de 2 f. — Paris, Carilian-Gœury.

DU DÉVELOPPEMENT de la production du fer dans le nord-ouest de la France, et de l'avenir industriel et commercial du bas Boulonnais, par la canalisation de la Liane ; par M. le docteur *Leducq*. — Boulogne, imprimerie de Lewy Mabille.

TRAITÉ théorique et pratique des machines locomotives, suivi d'un appendice contenant l'exposé des dépenses de ces machines pour le halage des fardeaux sur les chemins de fer ; par M. *M.-F. Guyonneau de Pambour*. In-8° de 27 feuilles, plus 4 planches. — Paris, chez Bachelier. Prix. . . . . 7 fr. 50 c.

CE QUE DOIVENT ÊTRE les chemins de fer en France, et tableaux de la locomotion sur les chemins de fer, précédés d'une notice explicative sur leur formation, et de diverses applications desdits tableaux, et des principes de leur rédaction aux questions les plus importantes qui peuvent encore être agitées concernant l'établissement des chemins de fer, et particulièrement de la grande ligne de Marseille au Hâvre ; par M. *Arnollet*. In 8° de 16 ½ f. — Paris, chez Carilian-Gœury. . . . . . 6 fr. 50 c.

Tableau minéralogique des roches des Vosges, suivi d'une liste des espèces minérales constituant ces roches, disséminées dans leurs masses ou associées avec elles; par *H. Hogard*. In-8° de 5 $\frac{1}{4}$ feuilles. — Epinal, imprimerie de Gérard.

Recherches sur les ossemens fossiles, où l'on rétablit les caractères de plusieurs animaux, dont les révolutions du globe ont détruit les espèces; par *G. Cuvier*. 4° édition, tome V, 2° partie, in-8° de 14 feuilles. — Atlas, 10° liv. in-4° de 2 feuilles, plus 14 planches, dont une double. — Paris, chez Roret. . . . . 7 fr. 50 c.

Dictionnaire de l'industrie manufacturière, commerciale et agricole, ouvrage accompagné d'un grand nombre de figures intercalées dans le texte, par MM. *A. Baudricourt*, *Blanqui aîné*, *Colladon*, *Coriolis*, *Darcet*, *Paulin Désormeaux*, *Despretz*, *Ferry*, *H. Gaultier de Claubry*, *Gourlier*, *Th. Olivier*, *Parent-Duchâtelet*, *Sainte-Preuve*, *Soulange Bodin*, *A. Trébuchet*, etc. Tome IV (DA—EXP), in-8° de 45 $\frac{1}{4}$ feuill. — Paris, chez J.-B. Baillière. Prix. . . . . 8 fr.

Mémoire sur le moyen de reconnaître l'existence de l'acide sulfurique dans l'acide hydrochlorique du commerce; par *J. Girardin*, professeur de chimie à l'école municipale de Rouen. In-8° de 1 feuille. — Imp. de Baudry à Rouen.

Proposition de nouveaux *rails* pour les chemins de fer; par M. *Dausse*. In-8° de 2 $\frac{1}{4}$ feuilles. — Paris, chez Carilian-Gœury.

Statistique industrielle du département de la Loire; par *A. Peyret*. In-8° de 16 $\frac{1}{2}$ feuilles, plus 2 tableaux. à Saint-Etienne, chez Delarue.

Tables de comparaison des anciens poids et mesures avec les nouveaux, et des nouveaux avec les anciens, par M. *Plaut*. — Paris, chez Levasseur. . . . 1 fr. 25 c.

RAPPORT

A M. le Conseiller d'état, directeur-général des ponts et chaussées et des mines, sur le résultat des expériences faites avec l'appareil Cabrol dans les hauts-fourneaux d'Alais (Gard).

Par M. THIBAUD, Ingénieur des mines.

Depuis que le procédé de l'air chaud, pour la fabrication de la fonte de fer, a été importé en France, il n'a pas été appliqué aussi généralement qu'on l'espérait d'abord. La répugnance d'un grand nombre de maîtres de forges peut être attribuée, d'une part, à ce que les appareils établis ont donné des résultats très variables selon les localités, et n'ont pas toujours réalisé, dès le début, toutes les espérances qu'on en avait conçues; et de l'autre, à ce qu'ils sont, en général, très dispendieux à établir, occupent beaucoup d'espace, exigent de fréquentes réparations, surtout si l'on veut élever l'air à une haute température, et par suite donnent souvent lieu à des chômages. Ces appareils diffèrent dans leurs dispositions et leurs formes; mais, dans tous, l'air atmosphérique est isolé du combustible employé à l'échauffer, et il arrive dans le haut-fourneau sans aucune altération.

M. Cabrol, ancien élève de l'école polytechnique, ex-directeur des usines de Decazeville (Aveyron), au lieu d'introduire dans le haut-fourneau de l'air

atmosphérique échauffé, dans son état ordinaire, y introduit un mélange d'air atmosphérique et de gaz produits par la combustion de la houille, élevés à une haute température. Il a imaginé dans ce but un appareil fort ingénieux et des plus simples.

Il consiste en un foyer placé dans une caisse ou chambre en fonte, communiquant par le bas au régulateur de la soufflerie, et par le haut au porte-vent. L'air fourni par la machine traverse ce foyer incandescent, et s'y décompose en partie, en s'échauffant plus ou moins, selon la rapidité de son passage, la surface de la grille et la quantité de combustible qui s'y trouve accumulée. Immédiatement après, il entre dans le fourneau. Le foyer est garni intérieurement, ainsi que le porte-vent, de briques réfractaires séparées de l'enveloppe en fonte par du charbon pulvérisé, de manière à éviter les déperditions de chaleur. Le foyer et sa caisse sont renfermés dans une caisse plus grande en fonte, disposée de manière à ce que l'ouvrier chargé du service de l'appareil puisse y pénétrer à volonté, soit pour jeter le combustible sur la grille, soit pour la dégager des cendres qui peuvent l'obstruer.

L'appareil pour les fourneaux alimentés avec du charbon de bois est beaucoup plus petit (1); il n'a qu'une caisse servant de foyer; l'ouvrier n'y pénètre pas, il jette le bois ou le charbon de bois par en haut, au moyen d'une trémie à double

(1) M. Cabrol m'a mis sous les yeux celui qu'il avait monté en 1834 au fourneau de Chèvres, appartenant à M. Trémeau de la Nièvre.

tiroir; la cendre se vide à chaque coulée, lorsque la soufflerie est suspendue.

Dans les fourneaux au coke, la cendre de houille peut encombrer la grille, et l'ouvrier doit nécessairement pouvoir entrer dans l'appareil pour la dégager de temps en temps. A Alais, la houille s'introduisait par la même porte, et l'on ne se servait pas de la trémie supérieure. Des dispositions fort ingénieuses permettent de faire ce service sans arrêter la soufflerie ni le travail, et l'ouvrier qui en est chargé ne souffre nullement ni de la chaleur, ni de la pression de l'air au milieu duquel il se trouve.

Cet appareil, que M. Cabrol désigne sous le nom d'*appareil à gaz réducteurs*, et dont il s'est assuré le privilége par un brevet, a été essayé dans un haut-fourneau de la compagnie des fonderies et forges d'Alais, en octobre 1834; il y développa une haute température; la production fut doublée; mais faute de bonnes tuyères à eau, et d'un approvisionnement suffisant de combustible, on fut obligé de suspendre cet essai, qui n'a pu être repris que dans le courant de janvier 1835.

Je me bornerai, dans ce rapport, à rendre compte des résultats pratiques et économiques, à les comparer avec ceux qui ont été obtenus précédemment, dans la même usine, avec l'air froid; je le pourrai d'autant mieux que j'ai suivi ces expériences jour par jour, que la marche antérieure des hauts-fourneaux m'était connue, et que tous les résultats numériques sont extraits des registres de la compagnie, qui les a mis à ma disposition avec le plus grand empressement. Enfin j'ai cru qu'il serait utile aussi de comparer les résultats

de cette expérience avec ceux qui ont été obtenus, soit en France, soit en Angleterre, avec l'air échauffé dans des tuyaux. Je crois d'ailleurs devoir renoncer ici à examiner, sous le rapport théorique, les différences qui peuvent exister entre le procédé de M. Cabrol et ces derniers, ainsi que l'influence des gaz sortis de son appareil sur la marche du fourneau (1).

Avant de rendre compte de cette expérience, je crois devoir donner une idée de la situation de l'usine d'Alais, et faire connaître où en était la fabrication de la fonte, lorsque l'essai a été entrepris.

L'usine d'Alais possède trois hauts-fourneaux, indépendamment d'une grande forge à l'anglaise où se fabrique le fer. Ces fourneaux ont 14 mètres

---

(1) Dans un précédent rapport adressé à M. le Directeur-général, j'étais entré dans l'examen de ces questions; je m'étais cru fondé à admettre que le mélange de gaz produits par cet appareil était favorable, que cette méthode constituait un procédé tout-à-fait neuf et à part. Mais plus tard j'ai conçu des doutes sur la certitude de mes déductions, j'ai reconnu que la question n'était pas aussi simple que je l'avais cru d'abord; en conséquence, au moment où ce mémoire allait être inséré dans les *Annales des mines*, recueil pour lequel il était exclusivement destiné, je l'ai retiré pour le modifier. J'ai profité de cette circonstance pour faire disparaître des erreurs qui m'étaient échappées, et pour retrancher tout ce qui ne se rattachait pas immédiatement aux expériences faites sous mes yeux et à leurs résultats pratiques et économiques.

Je regrette qu'une expédition de mon premier travail, confiée à un tiers, dans l'intention de propager plus tôt parmi les maîtres de forges la connaissance de ce que j'avais vu, ait été imprimée et publiée, sans mon autorisation spéciale et contre mon gré, dans un recueil périodique auquel il n'était pas destiné.

de hauteur, 4 mètres de largeur au ventre, et 1^{m}, 80 aux étalages. L'ouvrage et les étalages sont construits en briques réfractaires.

Deux machines à vapeur, de la force de 60 à 70 chevaux, fournissent le moteur à la soufflerie; l'une d'elles suffit pour deux hauts-fourneaux, les cubilots et les mazeries. La soufflerie est munie d'un régulateur à eau et de deux régulateurs à piston. Le tout a été exécuté en Angleterre par MM. Dawys, et fonctionne convenablement. Chaque fourneau exige 60 à 80 mètres cubes d'air par minute, à 10° c. de température, et sous la pression de 0^{m},10 de mercure, mesurés vers les buses; au régulateur, cette pression est de 0^{m},115. Lorsque le fourneau est en pleine marche, et qu'il a atteint sa température normale, il reçoit l'air par deux buses de 35 à 36 lignes, ou par trois d'un diamètre convenable, pour lancer les 80 mètres cubes. La machine ne fournissant de l'air qu'à un seul fourneau, donne alors huit doubles coups par minute, et on l'a maintenue dans cet état pendant toute la durée des expériences, de manière à lancer toujours la même quantité d'air; les deux buses ont été successivement agrandies jusqu'à 45 lignes, afin de lui donner passage.

Le minerai provient des exploitations de la compagnie, situées dans le voisinage; il est hydraté et argileux, souvent cloisonné ou criblé de cavités; il est de fort bonne qualité, et rend après le grillage de 45 à 55 p. 100 en fonte de forge, blanche ou truitée.

Le combustible est du coke provenant des houillères des environs d'Alais; sa pureté varie selon la mine, selon qu'on le fabrique avec de la

houille grosse ou menue, enfin selon la couche d'où l'on extrait cette dernière.

Ainsi :

Le coke de Rochebelle contient	4 à 6 p. 100	de cendres.
Celui de Trescol	6 à 18 p. 100	
Celui de Bességes	6 à 18 p. 100	

On a aussi essayé à plusieurs reprises l'emploi d'un mélange de coke avec la houille crue de Rochebelle, en proportions variables; cette houille contient 2 à 3 p. 100 de cendres seulement; elle ne perd par la distillation en vases clos que 18 à 20 p. 100; elle est donc très pure et très riche en carbone. Mais elle est très tendre, souvent menue; elle décrépite au feu et s'y pulvérise en partie, ce qui est un grand obstacle à son emploi en trop grande proportion dans le haut-fourneau.

Jusqu'à présent, deux des hauts-fourneaux d'Alais ont été en feu : le n° 1 a commencé à produire de la fonte le 1er mars 1832; il a été mis hors le 10 septembre 1834, après trente-un mois de roulement, il aurait pu marcher bien plus long-temps. Le n° 2 a produit de la fonte d'une manière continue, depuis le 6 mars 1832 jusqu'au 12 mai 1834; à cette dernière époque, il fut mis en grille. Depuis lors il n'a marché que par intervalles, savoir : du 14 octobre au 24 novembre 1834, lors du premier essai de l'appareil Cabrol; et du 11 janvier au 28 février 1835, lors du second essai de cet appareil; il fut mis hors feu à cette dernière date.

Le n° 1 n'a marché en 1832 qu'avec du coke mal fabriqué, et des minerais dont le rendement moyen était de 44 p. 100; on donnait fort peu de vent, et la production moyenne par jour ne s'éleva, dans l'année, qu'à 3.600 kilogrammes de fonte.

En 1833 et 1834, cette marche s'est de beaucoup améliorée; les minerais mieux triés ont rendu de 45 à 55, et même jusqu'à 60 p. 100; le coke a été confectionné avec plus de soin; on a moins ménagé le vent, et la production en fonte a été plus considérable. Ainsi, avec le coke seul, on a obtenu de 5.500 à 6.500 kilogrammes de fonte par jour; on a même dépassé quelquefois 7.000 kil., et 1.000 de fonte ont exigé moyennement 2.400 à 2.500 de coke. En mélangeant le coke à la houille en proportions variables, la production a été souvent au-dessous de 4.500, et a rarement atteint 6.500 kil. La moyenne en 1833 a été de 4.546, et en 1834 de 5.867.

La consommation de combustible a été moyennement:

En 1833, houille, 606; coke, 1.824.
En 1834, *id.* 368; *id.* 1.775.

Consommation moyenne évaluée en coke par 1.000 de fonte. { pour 1833, 2.127. pour 1834, 1.959.

On a remarqué d'ailleurs qu'au fur et à mesure que la houille croît en proportion, relativement au coke, la production diminue, ainsi que la température; les laitiers deviennent visqueux, le travail difficile, la fonte froide et boursoufflée. On n'a jamais pu dépasser la proportion de moitié, ni même s'y tenir quelque temps, sans déranger la marche du fourneau et sans s'exposer à l'engorger.

Ainsi, pour le fourneau n. 1, la production journalière moyenne a été :

En Juin 1833, avec	$\frac{1}{8}$ houille,	$\frac{7}{8}$ coke,	fonte	5.174 k.
Juillet.	$\frac{1}{4}$ . . .	$\frac{3}{4}$	. . . .	4.710
Août.	$\frac{1}{2}$ . . .	$\frac{1}{2}$	. . . .	4.040
Septembre. . . .	$\frac{1}{4}$ . . .	$\frac{3}{4}$	. . . .	4.222
Octobre.	$\frac{1}{5}$ . . .	$\frac{4}{5}$	. . . .	4.588
Novembre. . . .	0 . . .	1	. . . .	5.858
Décembre. . . .	0 . . .	1	. . . .	7.908
Janvier 1834. . .	$\frac{1}{4}$ . . .	$\frac{3}{4}$	. . . .	6.759
Février.	$\frac{2}{5}$ . . .	$\frac{3}{5}$	. . . .	5.945
Mars, avril et mai.	$\frac{1}{6}$ . . .	$\frac{5}{6}$	. . . .	5.600
Juin.	0 . . .	1	. . . .	6.410
Juillet.	0 . . .	1	. . . .	7.219

Au fourneau n° 2, on a presque constamment marché avec un mélange de houille et de coke en différentes proportions, depuis $\frac{1}{6}$ de houille, jusqu'à $\frac{1}{2}$. De même qu'au n° 1, on n'a pu dépasser cette dernière proportion, ni s'y tenir longtemps. La production de ce fourneau a d'ailleurs été généralement plus faible, soit parce qu'on ménageait davantage le vent, soit parce que ce fourneau a été presque constamment refroidi, par suite de l'emploi à peu près continu de la houille en remplacement du coke, en plus ou moins grande proportion.

On a réuni dans le tableau suivant les résultats généraux du roulement de ces deux fourneaux, soit au coke seul, soit avec ce combustible mêlé à la houille, pendant les années 1833 et 1834. On en a écarté, par les motifs qu'on indiquera ci-après, divers roulemens exceptionnels, pour ne conserver que ceux dont on pouvait conclure le résultat normal d'une bonne marche, soit avec le coke seul, soit avec la houille et le coke. On a pu ainsi obtenir un terme de comparaison avec les résultats donnés par l'appareil Cabrol.

Résultats généraux au roulement des hauts-fourneaux d'Alais au vent froid, soit au coke seul, soit au coke et à la houille (Tableau n° 1).

		Avec le coke seul.			Avec le coke et la houille.				
		Fourneau n° 1.		Moy. d'un bon roul.	Fourneau n° 1.		Fourneau n° 2.		Moy. d'un bon roul.
		1833.	1834.		1833.	1834.	1833.	1834.	
Durée du roulem. . Jours		212	102	»	153	151	183	120	»
Composition des charges.	Combustible.. . .	300	300	300	C 225 H 75	250 50	215 85	220 80	225 75
	Vieille fonte.. . .	3,3	1,8	5	1,7	1,2	0,5	0,3	5
	Minerai grillé. .	272	218	226	249	257	243	258	242
	Laitiers de forge.	»	2,4	6	»	7,8	2,1	7,5	6
	Castine.	87	73	75	78	83	71	76	75
Nombre de charges par 24 h.	Maximum.	51	59	»	40	45	41	38	»
	Moyenne.	44	54	50	37	42	37	36	39
Fonte obtenue en 24 heur.	Maximum. . . K.	7908	7219	»	5174	6759	5232	5129	»
	Moyenne. . . K.	5593	6465	6000	4546	5867	4329	4905	5000
Rendement du min. p. 100.		45	53	50	49	52	47	50	50
1000 de fonte ont exigé	Minerai grillé. . .	2214	1867	2000	2044	1906	2113	1984	2000
	Castine.	697	616	650	639	596	615	565	600
	Houille.	»	»	»	606	368	734	601	600
	Coke.	2387	2506	2400	1824	1775	1833	1635	1800
	Total du combust. évalué en coke. .	2387	2506	2400	2127	1959	2202	1935	2100

(1) Les élémens de ce tableau ont été extraits des registres de la compagnie.

On n'a pas mentionné, dans le tableau ci-dessus, le fondage du n° 1 en 1832 avec le coke seul, parce qu'il a eu lieu au milieu de circonstances défavorables qui ne doivent plus se représenter. On s'est également dispensé d'y insérer le fondage au coke seul du fourneau n° 2, pendant les trois premiers

mois de 1833, parce que c'était vers l'époque de sa mise en feu, qu'on y ménageait beaucoup le vent, que par suite les produits en étaient faibles, et la consommation en coke de plus de trois parties pour une de fonte. On conçoit que les résultats obtenus dans cette période toute exceptionnelle ne peuvent être mis en parallèle avec ceux du fourneau n°. 1, pendant deux années consécutives. Le n°. 2 n'ayant marché en 1834 au coke seul que pendant douze jours en mai, on a cru inutile d'en faire mention.

Avant de comparer ces résultats à ceux qui ont été obtenus par l'appareil Cabrol, il convient de faire connaître les circonstances défavorables au milieu desquelles les expériences ont eu lieu, et l'état dans lequel se trouvait à cette époque le fourneau n° 2.

Ainsi qu'on l'a dit plus haut, ce fourneau a presque constamment marché avec un mélange de houille et de coke et avec peu de vent; la température n'y a jamais été très élevée. Après l'avoir bouché le 12 mai 1834, on se borna à y faire des grilles de temps en temps, et à l'entretenir aux deux tiers plein avec des débris et rebuts de menu coke, jusqu'au 11 janvier 1835, époque à laquelle on le remit en activité pour les épreuves. Il était donc très froid, les parois de l'ouvrage et des étalages étaient garnies de matières à demi fondues. De plus, le coke, mis en approvisionnement depuis fort long-temps, était de la plus mauvaise qualité; les pluies et les inondations auxquelles il avait été exposé l'avaient imprégné de terre et réduit en très-petits fragmens. Il avait d'ailleurs été fabriqué avec de la houille très nerveuse, à défaut de meilleure, en sorte qu'il n'était guère

propre à réchauffer un fourneau refroidi par un si long chômage, et ne pouvait supporter une grande quantité de minerai. Cependant on n'en avait pas d'autre, et force fut de l'employer.

Du 12 au 22 janvier 1835, on roula à l'air froid d'abord; la charge en minerai fut portée à 270 kil. pour 300 de coke, mais on s'aperçut bientôt qu'elle était trop forte, et vers le 17 janvier elle fut réduite à 220 kil. Malgré cette forte diminution, le fourneau continua à se refroidir, l'ouvrage et les tuyères s'encombrèrent de plus en plus de matières durcies, le vent pénétrait difficilement au travers et refoulait la flamme par la tympe. Les attachemens formés aux tuyères étaient tellement durs, qu'ils résistaient à tous les efforts pour les rompre; ils se prolongeaient dans l'intérieur jusqu'à se toucher, et l'on fut obligé, pour continuer le travail, de remonter les tuyères à un pied au-dessus de leur place ordinaire.

L'état du fourneau était des plus inquiétans; mon avis était de réduire encore la charge en minerai, et de n'essayer les appareils que lorsqu'il serait réchauffé.

Mais l'approvisionnement en combustible était fort limité; M. Cabrol se croyant assuré, d'après les expériences qu'il avait déjà faites, soit au fourneau de Chèvres, soit à Alais, de la puissance calorifique de son appareil, et craignant d'ailleurs de manquer trop tôt de combustible, se décida à le mettre en activité dans des circonstances aussi défavorables.

Les foyers furent allumés, et fonctionnèrent à dater du 23 janvier jusqu'au 28 février suivant; la machine donnait 8 coups, et produisait toujours 80 mètres cubes d'air par minute. Comme il n'exis-

tait que deux caisses et deux foyers, on supprima la buse de derrière, en laissant aux deux autres, ainsi qu'aux tuyères, des diamètres convenables pour le passage des gaz échauffés.

Dans les premiers jours, ils atteignaient à peine la température du zinc fondant; le diamètre des buses était alors de 40 lignes environ; il fut successivement porté à 44 et 45 lignes; les tuyères avaient 54 lignes; alors les gaz dépassèrent la température de 400 degrés centigrades.

L'influence des gaz échauffés se fit bientôt sentir; les engorgemens diminuèrent, les tuyères ne tardèrent pas à devenir claires, et le travail fut plus facile. Tandis que dans la première période de 11 jours, à l'air froid, on avait eu peine à obtenir une production moyenne par jour de 5.045 kil., qui tendait à s'amoindrir encore si l'on eût continué, dans la seconde période qui dura huit jours et demi, la charge en minerai fut successivement augmentée, et l'on obtint moyennement 7.535 kil. de fonte par jour, avec une consommation en coke de 2.037 au lieu de 3.097 par 1.000 de fonte.

Si l'approvisionnement en coke eût été suffisant, il aurait été à désirer que l'on eût continué à l'employer seul, en augmentant progressivement la charge en minerai, de manière à déterminer la limite de l'économie en combustible qu'on pouvait atteindre. Mais cet approvisionnement était très-limité; la compagnie avait d'ailleurs un grand intérêt à s'assurer de la possibilité de substituer le plus possible de houille au coke, et la mine de Rochebelle pouvait en fournir une certaine quantité; en conséquence, les expériences furent dirigées dans ce but, de manière à obtenir le plus d'écono-

Époques des expériences et numéros des périodes.	Durée des périodes.	Composition des charges en k…						…rvations.
		Coke.	Houille.	Total.	Minerai.	Castine.	Scories de forge.	
1° du 12 au 22 janvier 1835..	jours. 11	300	»	300	220	75	10,…	…et coke seul.
2° du 23 au 31 *id.*.	8j,5h	300	»	300	240	82	8	…ffés et coke seul.
3° du 31 janvier au 2 février..	2,5	240	60	300	300	105	»	…ouille, 4/5 coke.
4° du 2 au 6 *id.*.	4	180	120	300	300	105	»	…ouille, 3/5 coke.
5° du 6 au 11 *id.*.	5	120	180	300	300	105	»	…ouille, 2/5 coke.
6° du 11 au 14 *id.*.	3	100	200	300	300	105	»	…ouille, 1/3 coke.
7° du 14 au 17 *id.*	2,5	75	225	300	300	110	»	…ouille, 1/4 coke.
8° du 17 au 21 *id.*	4	75	225	300	280	110	»	…ouille, 1/4 coke.
9° du 21 au 24 *id.*	3,5	120	180	300	295	100	»	…ouille, 2/5 coke.
10° du 24 au 28 *id.*	4	300	»	300	300	100	»	…seul.
Totaux et moyennes. . . .	35j. 20h.							

mie possible de combustible sans nuire à la qualité de la fonte.

Le tableau n° 2 ci-joint, dressé d'après les registres de la compagnie, présente les résultats correspondans à chaque changement dans le dosage du combustible ; les périodes sont nécessairement courtes, parce que la durée des expériences était limitée par la faible quantité de combustible dont on pouvait disposer. Mais la marche constamment progressive des résultats, sous le rapport de l'économie du combustible et de l'abondance de la production en fonte, permet de tirer de ces expériences des conclusions aussi certaines que si chaque période eût été plus prolongée.

On voit que dans les périodes 3, 4, 5 et 6, la charge en minerai restant la même (300 kil.), et la substitution de la houille au coke ayant lieu dans une progression ascendante depuis 1/5 jusqu'aux deux tiers, la production journalière n'a pas cessé de s'accroître depuis 7.535 jusqu'à 9.617 kil., tandis que la consommation en combustible, évaluée en coke, diminuait rapidement, et n'était plus à la sixième période que de 1.056 par 1.000 de fonte.

La progression, sous le rapport de l'économie du combustible et de la production journalière, cesse d'être croissante dans les 7e et 8e périodes où le coke n'entre que pour un quart dans le dosage. Un léger refroidissement s'annonce dans le fourneau, à la 7e période, par une diminution dans le nombre des charges, une fonte moins fluide, et un peu boursoufflée ; des chutes légères au gueulard sont l'indice de quelques attachemens, et par suite le rendement du minerai est moins considérable. Dans la 8e période, ces effets se font sentir da-

vantage, malgré une diminution notable dans la charge en minerai; les laitiers qui étaient très beaux auparavant deviennent noirs, les chutes plus fortes et plus fréquentes; la flamme sort en partie par la tympe, le vent s'élève moins facilement au gueulard, le minerai rend moins encore. La production journalière a été dans cette période de 6.571 kil. seulement; la dépense en combustible a été plus forte qu'auparavant.

La houille, il est vrai, provenait du dépilage des anciens travaux de la mine de Rochebelle; elle était tellement friable que le moindre choc suffisait pour la réduire en poussière, et il arrivait qu'une grande partie était réduite en fraisil avant d'arriver au creuset. Aussi, dans la 8e période, non-seulement on en retirait en abondance après chaque coulée, mais encore on en voyait souvent une portion s'échapper et couler par les tuyères.

Tout porte donc à penser qu'avec un combustible plus dur on aurait pu maintenir le dosage aux trois quarts, et peut-être même pousser plus loin la diminution en coke. Mais, dans l'état des choses, il était évident qu'on ne pouvait le maintenir sans inconvénient. En conséquence, dans la 9e période, on marcha avec 3/5 en houille; le fourneau se réchauffa rapidement, et dans le court espace de trois jours et demi on obtint à très peu près la même économie de combustible que dans la 5e période, où le dosage de la houille était le même.

La production s'accroissait d'ailleurs chaque jour, et n'aurait pas tardé à égaler au moins celle de la 5e période, si le peu de temps qui restait à consacrer aux expériences eût permis de continuer l'emploi de la houille. On aurait pu, dans ce cas, revenir au dosage de deux tiers de houille sans

inconvénient. La 10e et dernière période fut consacrée à consommer les restes de coke existant sur les places; la production moyenne pendant les quatre jours qu'elle a duré fut de 10.888 kil., et vers les derniers jours elle dépassait 12.000 kil. Le fourneau était d'ailleurs très chaud, les laitiers très beaux, les tuyères étincelantes, la fonte blanche, de bonne qualité, et tout indiquait qu'en très peu de jours on aurait pu accroître la charge en minerai d'au moins 30 p. 100, ce qui eût amené une nouvelle économie de combustible et une plus forte production. Mais, au moment de mettre hors, il était convenable de conserver un excédant de chaleur pour pouvoir évacuer complétement et sans embarras le fourneau; c'est ce qui se fit le 28 février avec la plus grande facilité. Je reconnus d'ailleurs, après qu'on l'eut vidé, qu'il était en très bon état, et qu'on aurait pu le faire marcher pendant long-temps.

En résumé, au moyen de cet appareil, et en y brûlant environ un quart de tonne de houille par tonne de fonte obtenue, on est arrivé dans la sixième période, avec un mélange de 2/3 de houille et 1/3 de coke, à produire par vingt-quatre heures 9.532 kil. de fonte, en consommant 1.056 de combustible (évalué en coke) par tonne de fonte.

A cette époque, la température du fourneau tendait encore à s'accroître, ce qui était indiqué par un nombre de charges plus considérable que dans la période précédente, par l'éclat des tuyères, la liquidité de la fonte et la beauté des laitiers. Je ne doute pas qu'en maintenant le dosage en combustible de cette période, on n'eût atteint la production de 10 tonnes, en ne consommant que poids égal de combustible évalué en coke, tandis

qu'à l'air froid, avec des matériaux bien meilleurs, on n'a pu guère arriver au delà de 5 tonnes, exigeant par tonne 2.100 de combustible (1). On voit aussi que cet appareil permet de marcher avantageusement avec un dosage de $\frac{2}{3}$ houille et $\frac{1}{3}$ coke, tandis qu'avec l'air ordinaire froid, on n'a pu sans inconvénient dépasser le dosage d'un quart.

Dans la dixième période, avec le coke seul, on a obtenu moyennement par jour 10.888 kil.; la consommation a été de 1.343 coke pour 1.000 de fonte. Sur la fin, au fur et à mesure que la chaleur augmentait, la production a dépassé 12 tonnes. Je suis convaincu, d'ailleurs, qu'en peu de jours on aurait pu obtenir ce même produit avec 1.200 de coke par tonne de fonte, en augmentant la charge en minerai convenablement, attendu que tout indiquait dans l'allure du fourneau une température croissante.

A l'air froid et avec du coke, on a vu qu'en bon roulement on n'obtenait que 6 tonnes par jour, en consommant 2.400 de coke par 1.000 kil. de fonte. (Voir le tableau n° 1, page 201.)

Ainsi, dans l'état actuel des choses, avec du combustible plus que médiocre, cet appareil assure à l'établissement d'Alais une production double, et une économie de moitié dans le combustible (coke) consommé, soit qu'on emploie le coke seul, soit qu'on le mélange à la houille. Avec du coke bien confectionné et de bonne qualité, de la houille moins friable que celle que fournissait la mine de Rochebelle à l'époque des expériences, les résultats seraient plus favorables encore.

(1) Voir le tableau n° 2, page 204-205.

On ne tient pas compte dans ce rapprochement de la houille brûlée par l'appareil, qui est de $\frac{1}{7}$ de tonne par 1.000 kil. de fonte obtenue, parce qu'il y a économie de la même quantité sur la consommation de la machine soufflante, par suite d'une production double. On obtient une économie analogue par les appareils anglais.

Pendant la durée des expériences, le travail était des plus faciles au creuset, et pouvait être fait facilement par deux ouvriers, tandis qu'auparavant il en fallait quatre ou cinq. Les tuyères à eau ont été constamment claires, et n'ont éprouvé aucune dégradation. Aux 3e, 4e, 5e, 6e, 9e et 10e périodes, la fonte était blanche, mais de bonne qualité pour la forge, et tout-à-fait comparable à celle qu'on obtenait à l'air froid; les laitiers étaient beaux, bien vitrifiés, et très fluides.

Quelques analyses ont été faites dans le but, d'une part, de comparer, sous le rapport de leur composition, les fontes obtenues, soit à l'air froid, soit à l'appareil Cabrol, aux époques de bon roulement; de l'autre, d'apprécier la composition des laitiers dans le cours de ces expériences, de se fixer sur celle qui correspondait à l'époque de la bonne marche du fourneau, c'est-à-dire lorsqu'il était très chaud, produisait beaucoup et dépensait peu de combustible. Enfin, on a désiré savoir si les laitiers obtenus dans cette dernière circonstance différaient plus ou moins de ceux qu'on obtenait pendant un bon roulement à l'air froid.

Le tableau suivant, n° 3, offre les résultats de ces analyses, exécutées au laboratoire d'Alais, par M. Gouttier, ingénieur de la compagnie; on peut compter sur leur exactitude.

Tableau comparatif de la composition des fontes et des laitiers obtenus à Alais, soit à l'air froid, soit avec l'appareil Cabrol (Tableau n° 3).

FONTES OBTENUES EN BONNE ALLURE.		LAITIERS OBTENUS			
à l'air froid.	avec l'appareil Cabrol.	à l'air froid.	avec l'appareil Cabrol.		
avec du coke seul. — Fourneau n° 1. 7 nov. 1833.	3/5 houil., 2/5 coke. — 11 février 1835. 5e période.	avec du coke seul. — Fourneau n. 1. 7 nov. 1833.	1/5 houil., 4/5 coke. — 2 février 1835. 3e périod.	2/5 houil., 3/5 coke. — 5 février 1835. 4e périod.	3/5 houille, 2/5 coke. — 11 février 1835. 5e période.
Silicium 0,0315	0,0260	Silice . . 0,440	0,530	0,485	0,455
		Chaux. . 0,385	0,360	0,391	0,375
Carbone 0,0196	0,0198	Protoxide de fer. 0,057	0,049	0,053	0,062
Soufre. 0,0021	0,0027	Alumine. 0,080	0,060	0,070	0,080
		Magnésie. 0,013	»	»	0,012
Fer . . 0,9468	0,9515	Soufre. . 0,014	»	»	0,018
1,0000	1,0000	0,989	0,999	0,999	0,997
Blanche rayonnée.	Blanche rayonnée.	Pierreux, blanc, bleuâtre, assez fluide.	Noirâtre, vitreux en partie, coulant difficilement.	Vert noirâtre, partie vitreux, partie pierreux.	Pierreux, blanc laiteux, légèrement grisâtre, très fluide.

A l'époque du 7 novembre 1833, le fourneau était alimenté par l'air froid et le coke seul ; le roulement en était bon ; on obtenait 5.858 kil. de fonte blanche rayonnée en 24 heures, et chaque tonne exigeait 2.364 kil. de coke et 738 kil. de castine. Les laitiers étaient assez fluides, légèrement pierreux, leur couleur d'un blanc bleuâtre.

Le 11 février 1835, à la 5e période des expériences Cabrol, le fourneau était très chaud et en très bonne allure, avec un mélange d'environ $\frac{3}{5}$ houille et $\frac{2}{5}$ coke ; on obtenait 9.617 kil. de fonte

blanche rayonnée en 24 heures, avec une consommation par tonne de 966 kil. de houille, 643 kil. de coke et 563 kil. de castine. Les laitiers étaient très fluides, un peu pierreux, leur couleur d'un blanc laiteux, légèrement grisâtre.

Il est remarquable que les fontes et laitiers obtenus à deux époques, et dans des circonstances si différentes, se rapprochent beaucoup par leurs caractères physiques et par leur composition. La fonte du 11 février contient seulement un peu moins de silicium que celle du 7 novembre, faite à l'air froid; la première serait donc préférable pour la fabrication du fer, en ce qu'elle donnerait lieu à un peu moins de déchet. Quant aux deux laitiers, ils sont presque identiques, et cependant les charges en castine ont été bien différentes à ces deux époques : en novembre, on en consommait 738 kil. par 1.000 de fonte; le 11 février, 563 seulement.

Mais il est bon de remarquer que si le 11 février la charge en castine était moindre, il y avait aussi moins de parties argileuses et siliceuses introduites dans le fourneau, soit par suite de la *diminution* considérable dans le combustible consommé (1.126 au lieu de 2.364), soit parce que les minerais employés le 11 février étaient plus riches (62 au lieu de 51,3).

Les laitiers obtenus pendant les 3e, 4e et 5e périodes des expériences de M. Cabrol ont, au contraire, varié notablement de composition, quoique les charges en castine et minerai soient restées les mêmes; on voit que le silice va successivement diminuant de proportion depuis 53 jusqu'à 45,5 p. 100 : ce qui s'explique par la diminution correspondante et progressive du combustible con-

sommé, et par suite, des matières terreuses qu'il contient. Lors de la 5ᵉ période, les laitiers étaient plus fluides et plus beaux que pendant les 3ᵉ et 4ᵉ; la marche du fourneau s'était améliorée sous tous les rapports, le travail dans le creuset était devenu bien plus facile, quoique la charge en combustible eût été considérablement réduite, et qu'on eût remplacé $\frac{1}{5}$ du coke employé par $\frac{1}{5}$ de houille. La composition des laitiers obtenus dans cette période doit donc être considérée comme celle qui convenait au bon roulement du fourneau, et dont il faudrait se rapprocher le plus possible dans les mêmes circonstances.

Avant de comparer les résultats des expériences précédentes avec ceux qui ont été obtenus des appareils anglais, il convient de rendre compte de la marche de l'appareil Cabrol.

Un seul ouvrier suffit pour conduire les appareils d'un fourneau, il est payé à raison de 1 fr. 80 c. par jour. Il fait varier la température des gaz à volonté, selon qu'il ouvre plus ou moins la porte de la chauffe, de manière à donner accès à une certaine quantité d'air froid dans le fourneau. Lorsqu'il veut l'élever le plus possible, il ferme la porte de la chauffe, l'air de la machine soufflante passe entièrement au travers de la grille du foyer, et il suffit d'augmenter un peu la charge en combustible pour faire rougir les porte-vents.

Habituellement, et pour la bonne marche du fourneau, les gaz ont été entretenus à une température supérieure à celle du zinc fondant, puisque des barreaux de ce métal de 6 lignes de diamètre, présentés au trou d'essai sur le porte-vent, fondaient instantanément. On évalue cette température à 400 degrés centigrades au moins; elle peut

d'ailleurs être calculée *à priori*, connaissant la quantité d'air lancé, le combustible consommé dans le même temps, et sachant que l'appareil l'utilise à peu près complétement.

L'appareil brûle 2.400 kil. de houille en vingt-deux heures. Il chôme environ deux heures sur vingt-quatre, à cause des coulées. La machine produit 80 mètres cubes d'air, à 10° et à $0^m,76$ de pression par minute, soit, en vingt-deux heures, 101.782 mètres cubes ramenés à 0°, ou 129.496 kil. Cette quantité d'air recevra 2.400 × 6.000 × × 3,75 = 54.000.000 de calories, et chaque kilogramme sera élevé à la température de $\frac{54000000}{129496} = 416°$ c. Si l'air, au sortir du régulateur est à 10°, les gaz, à leur entrée dans le fourneau, seront à 426°. Cette température, du reste, peut être dépassée facilement et à volonté par les moyens indiqués précédemment.

La consommation en houille n'est d'ailleurs que d'environ $\frac{1}{4}$ de tonne par tonne de fonte; sa combustion s'opère complétement, sans déperdition de chaleur, dans un foyer enveloppé de matières non conductrices. Aussi, quand l'appareil est en pleine activité, on remarque que les plaques en fonte qui forment son enveloppe extérieure sont à peine échauffées. Cet appareil n'a d'ailleurs exigé aucune réparation pendant la durée des expériences, et il a constamment fonctionné avec la plus grande régularité.

Pour le fourneau d'Alais, il y a deux appareils; chacun d'eux occupe, en face des tuyères, un espace de $2^m,50$ de côté. Il n'exige en grande partie que des plaques de fonte coulées à découvert, et en employant de la bonne fonte, ce qui permettrait d'en réduire l'épaisseur, il ne faudrait guère

pour chaque appareil que 15 tonnes de fonte. Il en coûtera pour chacun 2 à 3.000 fr. en frais de moulage, d'ajustage, revêtemens, maçonnerie, pose, etc., en sorte que pour les deux la dépense sera de 5 à 6000 fr., plus 30 tonnes de fonte, dont le prix variera suivant les localités.

Pour les fourneaux au charbon de bois, d'après les dessins qui m'ont été communiqués, l'appareil se composera d'une seule caisse de 1 mètre de côté, pouvant exiger 5 à 6 tonnes de fonte; la plupart des pièces pourront également être moulées à découvert, et les frais accessoires seront beaucoup moins considérables.

Dans l'appareil d'Alais, la combustion était très vive et la houille complétement brûlée; celle qu'on employait était en fragmens de la grosseur d'un œuf au plus; elle provenait de Rochebelle. On a essayé aussi le charbon de bois; le 27 février, 1.952 kil. ont remplacé 2.300 kil. de houille. On conçoit d'ailleurs que tout combustible peut y être employé.

J'ai cherché à me rendre compte de la quantité d'air décomposé par cet appareil : on se rappellera qu'il recevait par minute 80 mètres cubes d'air à 10° et $0^{m},76$ de pression, ce qui revient à $77^{m.c.},10$ d'air ramené à zéro. L'appareil consomme 2.400 kil. de houille par jour de 22 heures; 1 kil. de houille exige, pour sa combustion complète, $2^{k},234$ d'oxigène à zéro et $0^{m},76$ de pression, lesquels se trouvent dans $7^{m.c.},438$ d'air (Peclet, tome I, page 220). Les 2.400 kil. de houille décomposeront donc : $7,438 \times 2.400 =$ $= 17.851$ mètres cubes d'air. La quantité qui traverse l'appareil dans le même temps est de $77^{m.c.},10 \times 60 \times 22 = 101.772$ mètres cubes;

ainsi la quantité d'air décomposé est de 17,5 p. 100, ou un peu plus d'un sixième de l'air lancé. La portion, ainsi décomposée, est nécessairement formée d'eau, d'acide carbonique, d'un peu d'acide sulfureux et d'azote.

Il me reste à comparer les résultats de cet appareil avec ceux des appareils anglais fonctionnant soit en France, soit en Angleterre; je me servirai, pour faire ce rapprochement, des données fournies par M. Dufrénoy, et plus récemment, par M. Guenyveau, dans leurs mémoires qui sont insérés aux *Annales des mines* (1). Je les ai réunis, avec ceux du tableau n° 2, dans le tableau n° 4, inséré à la page suivante.

Il résulte, comme on va le voir, des élémens de ce tableau qu'à Alais, avec du coke seul, on en a consommé, dans le haut-fourneau, 1.343 par 1.000 de fonte, tandis qu'à la Voulte il n'en a fallu que 1.250, à Terre-Noire 1.300, à Vienne 1.350. Il est vrai que dans les usines étrangères, cette consommation s'est élevée de 1.625 à 2.000, pour produire de la fonte de moulage en général. On voit encore qu'à Alais, avec un mélange de $\frac{3}{5}$ houille et $\frac{2}{5}$ coke, la consommation du combustible, évalué à ce dernier état, a été réduite à 1.129; mais dans les usines d'Ecosse, à la Clyde et à Calder, où l'on fond à la houille crue sans coke, on n'a consommé par 1.000 de fonte que 902 à 965 de combustible évalué en coke. Dans d'autres, au contraire, celles de Codnor-Park et Butterley, cette consommation s'élève à 1.749 et 1.856.

(1) Tome IV, 1833, 3e série; et tome VII, 1835, *id.*

Tableau comparatif des résultats obtenus dans les hauts-fourneaux par l'appareil Cabrol et par les appareils anglais (Tableau n. 4).

NOMS DES USINES où les appareils fonctionnent.	DESTINATION de la fonte.	FONTE OBTENUE en 24 heures.	COMBUSTIBLE CONSOMMÉ par tonne de fonte obtenue — dans le haut-fourneau. — coke.	H.	Total évalué en coke.	dans l'appar.t — H.	Température de l'air ou des gaz lancés.	Renvois aux observ.
		kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	d. c.	
Alais (Gard) 5e pér. .	Forge.	9.617	648	966	1.126	242	426	(1)
Id. 10e pér.	*id.*	10.888	1.343	»	1.343	222	426	(2)
Lavoulte (Ard.) 1834.	*id.*	9.000	1.250	»	1.250	300	160	(3)
Vienne (Isère) 1834.	F. et m.	6.000	1.350	»	1 350	349	322	(4)
Terre-noire (Loire) *id.*	Forge.	9.000	1.300	»	1.300	300	300	(5)
Clyde (Ecosse) . .	Moulage.	9.000	»	2.000	902	490	322	(6)
Calder, *id.*	*id.*	8.335	»	2.100	965	400	322	(7)
Monkland, *id.*	*id.*	6.090	2.000	»	2.000	300	232	(8)
Birtly, *id.*	*id.*	7.967	1.850	»	1.850	300	204	(8)
Apedale (Angleterre).	*id.*	9.105	1.625	»	1.625	350	322	(8)
Butterley, *id.* . . .	*id.*	7.105	1.856	2.600	1.856	310	182	(9)
Codnor-Park, *id.* .	Forge.	inconnu.	1.749	2.450	1.749	300	204	(9)

Genre d'appareils et observations.

(1) Cabrol; ⅓ houille, ⅔ coke.
(2) *Id.*; coke seul.
(3) Clyde; *id.*
(4) Calder; *id.*
(5) Taylor; *id.*
(6) Clyde; houille seule.
(7) Calder; *id.*
(8) *Id.*; coke seul.
(9) *Id.*; houille seule.

La variété et la qualité des combustibles employés, le genre de fonte que l'on veut obtenir peuvent rendre raison des grandes différences que le tableau précédent met en évidence, et ne permettent de rien conclure avec certitude sous ce rapport pour ou contre l'appareil de M. Cabrol.

Cependant on peut dire en sa faveur : que les expériences ont été faites dans des circonstances peu propices, avec des combustibles mal préparés et avariés; que, s'il eût été possible de s'en procu-

rer de meilleurs et de prolonger davantage les essais, de manière à donner au fourneau le temps d'arriver à sa température normale, il y avait tout motif d'espérer de porter plus loin l'économie en combustible.

L'appareil Cabrol dépense d'ailleurs à peine un quart de tonne de houille, tandis que les appareils anglais en consomment depuis 300 jusqu'à 400 par 1,000 de fonte.

Il élève l'air à une température de 426° et au-dessus, avec une extrême facilité, sans risque de dégradations, tandis qu'on a grande peine, avec les appareils anglais, à l'élever à 322°, la crainte de brûler les tuyaux engageant même le plus souvent à s'en tenir à 200 et 250°.

L'appareil d'Alais exige d'ailleurs moins d'emplacement, il n'entraîne aucune réparation, aucun chômage; son service est des plus faciles et des plus économiques.

Enfin, sous le rapport de l'activité de la production en fonte, il leur paraît supérieur, puisqu'il a donné avec un mélange de houille et de coke plus de 9 tonnes de fonte en 24 heures; et avec le coke seul, au delà de 10 tonnes; selon toute apparence, avec un combustible moins défectueux, avec des expériences suffisamment prolongées, on aurait obtenu de bien meilleurs résultats. Avec les appareils anglais on n'a pas dépassé neuf tonnes, et souvent on s'est tenu au-dessous, crainte de brûler les appareils en élevant trop la température.

Pour déterminer d'ailleurs la limite de la puissance de cet appareil sous ce rapport, comme sous celui de l'économie du combustible, de nouvelles expériences me paraissent nécessaires; il est

à souhaiter qu'elles puissent avoir lieu le plus tôt possible, et que l'on choisisse une usine où les appareils anglais aient déjà fonctionné, de manière à comparer les résultats obtenus dans les deux cas avec des élémens identiques.

Il est à espérer que ces expériences ne se feront pas attendre; car déjà plusieurs maîtres de forges, d'après la connaissance des résultats de celles qui ont été faites à Alais, songent à construire des appareils semblables sur leur usine.

NOTICE

Sur la cause probable du transport des blocs erratiques de la Suisse.

Par M. J. DE CHARPENTIER,
Directeur des mines du canton de Vaud.

Le principal objet de cette notice est de diriger de nouveau l'attention des géologues sur un phénomène que depuis quelque temps ils semblent laisser dans l'oubli, par la raison sans doute qu'ils le regardent comme suffisamment connu et expliqué. Je veux parler des blocs erratiques, de ces blocs ou fragmens de roches alpines qui se rencontrent depuis le faîte des Alpes jusqu'à celui du Jura, qui se retrouvent également sur le versant méridional des premières jusque dans les plaines de la haute Italie, et qu'on observe en général dans les vallées et dans les *hautes* chaînes de montagnes, excepté au pied de toutes celles qui sont situées dans les régions équatoriales, où les neiges permanentes ne peuvent pas se transformer en glaciers.

Les naturalistes les plus célèbres, ceux mêmes dont les travaux ont élevé la géologie au rang éminent qu'elle occupe maintenant parmi les sciences, ont attribué le transport de ces blocs à *l'action de l'eau*. Les uns pensent qu'une débâcle, produite par la rupture subite de vastes bassins ou réservoirs d'eau, qu'ils supposent avoir existé dans la partie supérieure des vallées, a

transporté ces blocs dans les localités où on les trouve maintenant; les autres prétendent, et c'est aujourd'hui l'opinion la plus généralement accréditée, que le soulèvement incontestable des montagnes s'est opéré d'une manière si subite et si brusque, que les eaux de la mer se sont retirées et écoulées des pentes des montagnes avec tant de force, qu'elles ont pu enlever et entraîner à de grandes distances les blocs qui se trouvaient sur leur passage.

M. Venetz, en étudiant les glaciers, a été conduit à s'occuper des blocs erratiques transportés par la vallée du Rhône, et l'examen qu'il a fait de ces blocs, et des diverses circonstances qui les accompagnent, l'a convaincu que leur transport n'a pas pu s'effectuer par le moyen de l'eau, quelque énormes qu'on suppose son volume et sa vitesse, et quelque puissante que soit son action.

Je vais indiquer, aussi brièvement que possible, quelques-uns des faits qui paraissent être en opposition avec l'hypothèse du transport des blocs erratiques par le moyen de l'eau. Je n'entrerai donc pas dans des détails, laissant à M. Venetz le soin de les décrire et d'indiquer les localités où on les observe.

Les dépôts des blocs erratiques présentent constamment un mélange informe de fragmens de toutes les dimensions, depuis celle d'un grain de sable jusqu'à celle de plusieurs milliers de pieds cubes. On trouve sur le Jura des blocs aussi volumineux que dans les vallées des Alpes. Il n'existe donc point de triage selon les volumes et les poids relatifs des blocs, ce qui nécessairement aurait dû avoir lieu s'ils avaient été entraînés et amenés par l'eau; car, dans ce cas, les plus gros blocs devraient

se trouver les plus voisins du lieu d'où la débâcle et le courant les auraient enlevés, et ces fragmens devraient diminuer de volume à mesure qu'ils en sont plus éloignés, de manière que les blocs qu'on trouve sur les pentes du Jura devraient être en général sensiblement plus petits que ceux qu'on rencontre au pied et dans les vallées des Alpes. Mais, nous le répétons, un pareil arrangement ne s'observe nulle part.

Toute eau qui charrie des matériaux opère encore, au moment où elle commence à déposer, une autre sorte de triage, qui a lieu par couches ou par lits, c'est-à-dire qu'elle forme des couches de matériaux de divers volumes, des lits alternatifs de blocs, de gravier, de sable et de limon. Mais cette stratification n'existe pas dans les dépôts des blocs erratiques. On trouve, il est vrai, quelquefois des lits de gravier, de sable et de terre glaise dans leur voisinage; mais ils sont trop rares et présentent trop peu d'étendue pour servir d'argument en faveur d'un transport opéré par le moyen de l'eau; nous indiquerons plus loin l'origine de ces petits dépôts stratifiés.

Quoique la plupart des blocs erratiques présentent une forme arrondie évidemment par frottement, on en trouve néanmoins qui sont non-seulement aplatis, mais qui sont restés presque intacts, ayant à peine leurs angles et leurs arêtes écornées ou émoussées. Si leur déplacement avait eu lieu par un courant, on ne saurait pas concevoir comment ils auraient pu être roulés jusques au pied du Jura et poussés sur son faîte, sans porter des marques violentes de frottement.

Les dépôts de ces roches transportées présentent ordinairement une forme alongée, semblable à

celle d'une digue ou d'un rempart, ou bien ils forment quelquefois des monticules coniques, isolés ou disposés en file. Ils ne se rencontrent jamais en forme de nappe ou de plateau. Ces digues sont placées horizontalement au pied et sur la pente des montagnes, ordinairement les unes derrière les autres, et espacées à des distances inégales: elles sont parallèles entre elles et à la direction de la vallée. Quelquefois deux ou plusieurs de ces digues se trouvent tellement rapprochées les unes des autres, qu'elles se confondent en une seule, terminée par une ou plusieurs arêtes. La plus grande élévation à laquelle on les trouve sur la pente des montagnes qui bordent la vallée du Rhône, est d'environ 1.100 à 1.200 pieds au-dessus de ce fleuve, dans les environs de Bex, et de 2.400 pieds dans ceux de Sion. Le sol sur lequel ils reposent n'est jamais formé d'atterrissemens ou d'éboulemens, mais c'est toujours du roc en place.

La disposition et la configuration extérieure de ces dépôts sont inexplicables par la théorie d'un transport par le moyen d'un courant d'eau; car l'eau les aurait déposés en forme de nappes, surtout dans les plaines des vallées et dans celles qui se trouvent au pied des Alpes; cette théorie n'explique pas non plus comment ces blocs auraient pu franchir, sans les combler, les lacs qui se trouvent à l'extrémité inférieure de la plupart de nos grandes vallées, ni la singulière position de ces énormes blocs qu'on trouve isolés dans la plaine ou sur la pente des montagnes, plantés verticalement sur le sol, et quelquefois brisés ou fendus du bas en haut dans toute leur longeur, ce qui semble indiquer qu'ils sont tombés à peu près

verticalement sur la place même où ils se trouvent encore, et qu'ils se sont fendus ou brisés par leur chute.

On remarque en outre que les blocs sortis d'une vallée latérale ne se mêlent point ou très imparfaitement avec ceux de la grande vallée, ou avec ceux qui sont sortis d'une vallée opposée. Ainsi les pierres feldspathiques ou talqueuses de la vallée d'Hérens, formant des dépôts considérables près de Sion, ne se mêlent point avec les blocs calcaires qui proviennent des vallées de la Sionne et de la Lierne, qui toutes les deux prennent naissance auprès de Rawyl, et se terminent à la grande vallée du Rhône, à peu près vis-à-vis de la vallée d'Hérens. Les digues ou remparts qu'imitent les dépôts de blocs de chacune de ces vallées sont parfaitement séparés et distincts.

Feu M. Escher de la Linth avait déjà remarqué ce même fait par rapport aux grandes vallées de la Suisse, c'est-à-dire que les blocs erratiques de la vallée du Rhône ne se mêlaient point avec ceux qui étaient sortis de la vallée de l'Aar; que ces derniers restaient séparés et distincts des dépôts de blocs venus de la vallée de la Reuss, etc. En admettant un courant d'eau ou une débâcle qui ait eu lieu instantanément et à la fois dans ces diverses vallées, on ne comprend pas pourquoi et comment les pierres entraînées ne se mêlaient pas dans les endroits où ces courans venaient se toucher et se joindre, et surtout là où ils frappaient contre le Jura, ce qui aurait dû produire une sorte de remou ou de refoulement, qui loin d'empêcher le mélange des matériaux que ces courans amenaient avec eux, l'aurait au contraire singulièrement favorisé.

Un autre phénomène qu'on observe dans les vallées de toutes les chaînes de montagnes qui ont fourni des blocs erratiques, ce sont les surfaces lisses que présentent les rochers qui n'ont pas été dégradés par la décomposition ou par des éboulemens. Ces surfaces sont évidemment le résultat d'un frottement, et comme on sait que les eaux courantes qui charrient du sable et des pierres, usent et polissent les rochers avec lesquels elles viennent en contact, on a cru que les surfaces lisses et usées des rochers de nos grandes vallées étaient dues à la débâcle ou au grand courant qu'on supposait avoir transporté les blocs erratiques, qui, en quelque sorte, auraient fait office de l'émeril. Pour donner plus de probabilité à cette explication, on alléguait le fait incontestable que ces surfaces polies ne se rencontrent pas au-dessus du niveau que les blocs transportés ont atteint de chaque côté de la vallée, et qu'au-dessus de ce niveau les rochers n'offrent que des surfaces raboteuses, de véritables cassures.

La supposition d'une débâcle ou d'un courant n'explique pas d'une manière satisfaisante ce phénomène; car comment concevoir qu'une si immense quantité de blocs de toutes les dimensions, mise en mouvement par une énorme masse d'eau, ait pu unir et rendre lisses des surfaces verticales et d'une grande étendue? Loin de les polir, elle n'aurait fait que les écorner et les ébrécher. Comment des blocs entraînés par l'eau auraient-ils pu frotter et user des surfaces qui surplombent, qui forment ces sortes de voûtes que nos montagnards désignent par le nom de *barmes* ou de *balmes*? Comment expliquer, par cette supposition, la formation de surfaces polies, derrière des rochers qui

font saillie, et qui, par ce fait même, auraient dû les préserver du courant, et les protéger contre le choc et le frottement des corps solides charriés par l'eau ?

Mais laissons de côté ces difficultés et admettons pour un moment que ces surfaces lisses avaient été produites par un courant d'eau; dans ce cas elles devraient être plus marquées vers l'extrémité inférieure des vallées que dans leur partie supérieure ou vers leur naissance, et elles devraient être absolument nulles sur les côtés des Alpes. Eh bien, c'est précisément le contraire; ces surfaces lisses et polies se rencontrent depuis le pied jusqu'au faîte des Alpes, et plus on s'élève, mieux on les trouve prononcées; elles sont extrêmement distinctes sur le Saint-Bernard, le Simplon, le Saint-Gothard, le Grimsel, la Gemmi, le Sanetsch, le col d'Enzeindaz, etc. Ces trois derniers cols étant formés par des rochers calcaires, les surfaces ne sont pas aussi unies et aussi lisses que celles des rochers feldspathiques ou siliceux; elles sont au contraire couvertes d'une multitude de sillons ordinairement parallèles entre eux, et dont la profondeur est quelquefois de plusieurs pieds. Les arêtes qui séparent ces sillons sont souvent tranchantes, et s'étendent toujours dans le sens de la pente des rochers. Les surfaces verticales ne présentent jamais cet accident; mais celles qui sont inclinées sont ordinairement sillonnées, et désignées par les montagnards de la Suisse allemande par le nom de *karren* ou *karrenfelder*, et par ceux de la partie française du Valais sous celui de *lapiz*.

Je pourrais citer encore d'autres faits plus ou moins contraires à la théorie d'un courant

d'eau, si ceux que je viens d'indiquer ne me paraissaient pas suffire pour faire soupçonner que l'agent qui a transporté les blocs erratiques a été tout autre qu'une débâcle ou une masse d'eau en mouvement.

M. Venetz croit que des *glaciers* ont été cet agent, et que ces dépôts de blocs erratiques ne sont autre chose que des *moraines*.

Je sens fort bien tout ce qu'une pareille hypothèse offre au premier abord d'invraisemblable, de choquant, d'extravagant même. En effet, comment admettre, comment se persuader que jadis toutes nos grandes vallées fussent occupées dans toute leur longueur par de vastes glaciers, qui, à leur débouché dans la plaine au pied des Alpes, se seraient étendus en forme de nappes ou d'énormes éventails pour couvrir presque toute la contrée jusqu'au Jura, et remonter cette chaîne en nombre d'endroits jusques à son faîte, et le dépasser même? Comment concilier une semblable hypothèse avec la masse de faits qui prouvent que jadis la température de nos climats a été bien plus élevée qu'elle ne l'est maintenant? Comment croire à l'existence d'aussi énormes glaciers dans une contrée qui jadis produisit des palmiers, comme il est prouvé par des empreintes de chamærops trouvées dans les roches des environs de Lausanne et de Vévey?

J'avoue que toutes ces objections et beaucoup d'autres se présentèrent à moi lorsque M. Venetz, il y a environ cinq ans, me fit part de son opinion. Je restai dans le doute, jusqu'à ce que les faits que j'avais mis tant de soin à rechercher et à examiner pour combattre cette hypothèse, m'eussent conduit à un résultat tout opposé à celui auquel je m'étais

attendu, et surtout jusqu'à ce que j'eusse reconnu qu'on peut parfaitement concilier l'existence de ces vastes glaciers avec les faits qui indiquent que la température était jadis beaucoup plus élevée qu'elle ne l'est aujourd'hui.

Avant de tâcher de concilier ces faits si incompatibles en apparence, je ferai voir que la supposition du transport des blocs erratiques par l'action des glaciers, explique d'une manière satisfaisante ce grand phénomène et toutes les circonstances qui l'accompagnent.

Partout où des glaciers déposent des pierres, ils les accumulent et les entassent sans ordre, sans aucun triage ; ils mêlent les plus gros blocs avec les graviers et les sables les plus menus, et charrient les uns aussi loin que les autres. Ce manque complet de stratification et de triage se rencontre donc dans les moraines comme dans les dépôts des blocs erratiques, et si nous admettons que leur transport ait eu lieu par des glaciers, il n'est nullement étonnant de trouver au Jura des blocs aussi volumineux que ceux qu'on rencontre au pied des Alpes et dans l'intérieur des vallées.

Les glaciers et leurs moraines se plaçant devant l'entrée de quelque petite vallée latérale, y forment une sorte de barre, qui, empêchant l'écoulement des eaux, change le vallon en lac, dans lequel les torrens amènent des pierres, des sables et des limons, et les déposent par lits. Il n'est donc pas surprenant de rencontrer quelquefois auprès des dépôts des blocs erratiques de petits amas de matériaux évidemment stratifiés et déposés par l'eau.

Quoique la plupart des blocs charriés par les glaciers soient arrondis, ou aient au moins leurs

angles et leurs arêtes émoussés ou écornés par le frottement qu'ils éprouvent les uns contre les autres, néanmoins on trouve quelquefois sur le dos des glaciers de gros blocs isolés qui arrivent sans frottement, et par conséquent bien conservés jusqu'au pied du glacier. Ce fait explique la manière dont quelques-uns des blocs erratiques ont pu être transportés à de fort grandes distances sans avoir éprouvé de frottement, et sans que leurs angles et leurs arêtes aient été sensiblement endommagés.

La forme des moraines est celle d'une digue ou d'un rempart, terminé par une ou plusieurs arêtes. Dans certains cas elle est conique, ou bien elle présente une foule de monticules coniques. Lorsqu'un glacier, comme il arrive le plus souvent, a plusieurs moraines, elles sont toujours parallèles entre elles, et placées à des distances inégales. La configuration intérieure et extérieure des moraines, et leur disposition mutuelle sont donc exactement les mêmes que celles des dépôts des blocs erratiques.

Les glaciers ne produisent jamais, comme les torrens et les rivières, de dépôts en forme de lits ou de nappes, parce qu'ils creusent toujours le terrain jusqu'au roc vif, poussant devant eux toutes les terres, graviers et blocs qu'ils rencontrent sur leur passage, phénomène connu de tous ceux qui ont observé des glaciers dans le temps où ils sont en progression, et qui s'explique très bien par la manière dont les glaciers augmentent et avancent. Puisque les glaciers en s'avançant déblaient le terrain jusqu'au roc vif, nous pouvons facilement concevoir pourquoi nos lacs n'ont pas été comblés par la quantité immense de blocs, de

gravier et de sable qui ont dû les traverser, ou plus exactement, qui ont dû passer par dessus, et qui, s'ils avaient été amenés par de l'eau, n'auraient pas manqué de les remplir.

L'intérieur d'un glacier présente toujours de la glace, ou plus exactement, de la neige congelée *pure*, c'est-à-dire exempte de tout mélange de terres et de pierres. Lorsque des blocs tombent par des crevasses au fond du glacier, ils sont poussés et roulés en avant; s'ils restent pris ou serrés entre les parois de la fente, ils reparaissent au bout d'un certain temps à la surface du glacier, mais plus bas que l'endroit où ils sont tombés (1); lorsqu'enfin un bloc est tombé au fond d'un glacier à peu de distance de son pied, et dans le temps où il est rétrograde, c'est-à-dire dans le temps où il fond plus qu'il n'avance, le bloc restera à la même place et dans la position dans laquelle il s'est arrêté après sa chute.

Ces faits, dont l'exactitude est confirmée par tous ceux qui connaissent bien les glaciers, nous expliquent pourquoi on trouve si peu de dépôts de blocs erratiques dans les plaines des vallées et au pied des Alpes, ou, en d'autres termes, pourquoi ces blocs sont peu nombreux dans toutes les contrées qui ont été *lit* ou *fond* de ces vastes glaciers, tandis qu'ils forment de vastes dépôts en

---

(1) Ce fait qui, au premier abord, paraît fort singulier, est connu de tous ceux qui sont dans le cas de voir et d'observer habituellement les glaciers. Il a été très bien expliqué par M. Venetz dans un Mémoire communiqué à la Société helvétique des sciences naturelles, lors de sa réunion à Berne en 1816.

forme de digues dans les endroits qui jadis ont correspondu aux bords de ces vastes glaciers.

C'est ainsi qu'on trouve des dépôts de blocs erratiques sur les pentes, souvent très rapides, des montagnes qui bordent la vallée du Rhône; tandis qu'ils devraient être beaucoup plus fréquens dans les plaines du Valais et dans celles qui sont au pied des Alpes, s'ils avaient été amenés par l'eau, qui, quelque énorme qu'on suppose son volume, n'aurait pas manqué de couvrir de blocs et de gravier toutes ces plaines. Ces faits nous indiquent encore l'origine des blocs isolés, quelquefois fendus ou brisés dans toute leur longueur, dont nous avons fait mention plus haut, et qui en effet ne sont autre chose que des blocs tombés par des crevasses au fond du glacier.

Depuis les travaux de M. de Saussure, tout le monde sait que deux glaciers, lorsqu'ils viennent à s'atteindre et à se joindre sous un angle aigu, ne mêlent et ne confondent point leurs moraines. Ce fait explique parfaitement pourquoi les blocs erratiques d'une de nos grandes vallées ne sont point mêlés avec ceux de la vallée voisine, phénomène duquel on ne saurait se rendre compte par la supposition que le transport de ces blocs eût été opéré par le moyen de l'eau.

On trouve quelquefois des dépôts de blocs erratiques entièrement composés de fragmens anguleux et de diverses grosseurs, tous formés d'une *même roche* (1). Cette singulière circonstance fait

---

(1) Il existe près de ma demeure aux Devens un dépôt de blocs erratiques de ce genre. Il est entièrement formé de blocs d'un calcaire compacte, gris foncé, qui ne se trouve en place que dans les rochers qui dominent Lavey et Saint-

croire que ces blocs sont dus à quelque grand éboulement de rochers, dont une partie a atteint le *dos du glacier*, où ils ont été transportés sans se mêler avec d'autres blocs, jusqu'à l'endroit où le glacier les a déposés.

On sait que les glaciers frottent, usent et polissent les rochers avec lesquels ils sont en contact. Cherchant à s'étendre, ils suivent toutes les sinuosités, et se pressent et se moulent en quelque sorte dans tous les creux et toutes les excavations qu'ils peuvent atteindre, et en polissent les surfaces, même celles qui surplombent, ce qu'un courant d'eau charriant des pierres ne pourrait effectuer.

Comme les glaciers prennent naissance sur le faîte des Alpes, leur action destructive doit avoir duré beaucoup plus long-temps dans les régions supérieures que dans les basses vallées et à leur pied. Il n'est donc pas étonnant de rencontrer dans les hautes vallées et sur les cols des Alpes des marques de frottement beaucoup plus considérables et mieux prononcées que vers leur pied, ce qui devrait être précisément l'inverse si ce frottement avait été opéré par un courant ou une débâcle. Enfin l'observateur qui part du faîte du Jura dans la direction même où les blocs erratiques y sont arrivés, en suivant constamment leur trace, se trouve conduit jusqu'au fond des hautes vallées

---

Maurice. Ce dépôt a environ 1.000 pieds de longueur sur 300 pieds de largeur; les blocs sont anguleux, ayant les arêtes bien conservées; quelques-uns sont d'une grosseur remarquable; l'un d'eux, connu dans le pays sous le nom de Pierraz-Bessa, présente un volume de plus de 8 toises cubes.

des Alpes, et jusqu'aux glaciers qui les dominent, où il voit enfin ces dépôts devenir de véritables moraines (1).

Je pourrais citer encore d'autres phénomènes qui semblent prouver que le transport des blocs erratiques a été opéré par la cause que je viens d'indiquer, et rappeler nombre de faits qui se présentent presqu'à chaque pas dans nos plaines et dans nos montagnes, et qui ne se laissent expliquer d'une manière satisfaisante qu'en admettant l'ancienne existence de ces vastes glaciers. Tels sont par exemple les anciens lits de la plupart de nos rivières, qui tous indiquent que la masse d'eau qui y a passé jadis a été infiniment plus considérable que celle qui y coule aujourd'hui, et même que celle qui a passé pendant les plus grandes inondations dont on ait conservé mémoire; telles sont encore ces érosions produites évidemment par des cascades ou des chutes d'eau dans des rochers complétement isolés et éloignés de toute éminence, et où n'aurait pu atteindre un courant d'eau. Tels sont enfin ces sillons profonds et ces arêtes (karren) dans les surfaces peu inclinées de rochers calcaires : ils sont évidemment le résultat de l'égout de l'eau par les crevasses des glaciers, comme on peut l'observer dans tous les glaciers qui reposent sur des rochers calcaires.

J'ajoute encore que l'existence des dépôts de blocs erratiques sur la pente du Jura, et même

(1) M. de Humboldt rapporte que les plaines au pied oriental des Andes équatoriales sont entièrement privées de blocs erratiques. Ce fait devient important pour la théorie de ces blocs, si l'on se rappelle que les neiges éternelles des Andes équatoriales ne se changent point en glaciers.

sur quelques points de son faîte, ne doit pas faire supposer que ces anciens glaciers eussent comblé et nivelé l'espace compris entre les Alpes et le Jura, ou, en d'autres termes, que leur épaisseur eût été égale à la hauteur du faîte du Jura au-dessus de la plaine. Une telle supposition serait invraisemblable et contraire même à ce qui se passe encore sous nos yeux. Car lorsqu'un glacier débouche dans une vallée sous un angle à peu près droit, nous voyons quelquefois qu'il la traverse, et que, sans augmenter sensiblement d'épaisseur, il remonte la pente de la montagne opposée jusqu'à une certaine hauteur qui dépend du volume du glacier et de l'inclinaison de la pente.

Il me reste maintenant à exposer aussi brièvement que possible la manière dont je pense qu'on peut concilier l'existence de glaciers aussi vastes, que cette théorie du transport des blocs erratiques suppose, avec les faits qui prouvent l'ancienne élévation de température.

Il est probable qu'à l'époque où les plaines de la Suisse jouissaient d'un climat propre à produire des palmiers, tels que des chamærops, par conséquent d'un climat dont la température moyenne devait être au moins de 17°,5, les Alpes n'existaient pas encore. Le Jura seul formait une terre haute, séparée de la mer du côté du sud par une terre basse, espèce de vaste plage, qui comprenait tout le terrain de la basse Suisse, formé par la molasse et par des rochers analogues. Ni la chaîne du Jura, ni la grande plage à son pied méridional, n'étaient pas encore aussi élevées au-dessus du niveau de la mer qu'elles le sont aujourd'hui. La basse Suisse formait un véritable littoral, et probablement une côte plate.

A quelque distance de cette côte surgissaient sur la mer quelques îlots épars, disposés en file, et peu élevés au-dessus des eaux, et dont les productions végétales consistaient principalement en fougères, en équicétacées et en quelques monocotylédones, comme les empreintes conservées dans les schistes d'Erbignon, de Salvan, de Gétroz, du col de Balme, etc., semblent l'indiquer.

C'est dans cet état de choses qu'eut lieu le grand et probablement le dernier soulèvement des Alpes, soulèvement dont les savans travaux de M. de Buch et de M. Élie de Beaumont ont fait connaître l'origine récente comme l'un des faits les mieux prouvés et les mieux démontrés en géologie.

La force qui produisit ce grand effet n'exerça pas uniquement son action sur les Alpes; elle l'étendit aussi, mais à un moindre degré, sur la chaîne du Jura et sur la plage qui s'étend à son pied, et les éleva derechef, probablement à un niveau plus élevé que celui qu'on leur voit aujourd'hui.

Plusieurs considérations autorisent à croire que les Alpes furent également soulevées à une hauteur plus grande que celle qu'elles ont maintenant. Toute leur masse, aussi bien que celle du Jura et de la basse Suisse, a dû subir un affaissement général, qui a duré aussi long-temps que les parties mal assises et disloquées n'eurent pas pris leur assiette, et acquis la solidité et la stabilité qu'elles présentent maintenant.

L'effet d'un soulèvement à une aussi grande élévation au-dessus de la mer a dû opérer un grand changement dans la température du climat de ces contrées. Le climat propre à produire des chamærops a dû devenir semblable à celui du nord; l'atmosphère se refroidissant, les Alpes ont

dû se couvrir de neiges qui, descendant sans cesse dans les vallées, y ont formé ces vastes glaciers, qui peu à peu ont envahi les plaines au pied des Alpes, et poussé leurs moraines jusqu'au faîte du Jura. Ces glaciers ont dû diminuer et se retirer à mesure que l'affaissement général, dont je viens de parler, a eu lieu, et, par ce fait même, les Alpes, la basse Suisse et le Jura ayant diminué d'élévation au-dessus de la mer, leur climat s'est peu à peu réchauffé, et a pris enfin la température qu'il présente maintenant (1).

Je termine cette notice en exprimant le vœu qu'elle puisse attirer l'attention des naturalistes sur le travail que prépare M. Venetz; qu'elle puisse les engager à étudier derechef le grand

(1) Les environs de Vevey et de Lausanne sont la contrée du bassin du Rhône, qui jadis produisit des chamærops. Cette contrée, comme probablement le reste de la basse Suisse, devait jouir d'un climat de 17°,5, température moyenne. La température moyenne des vallées des Alpes, dans lesquelles des glaciers peuvent, non pas se former, mais seulement se conserver, est d'environ 6°. Tel est par exemple le climat de la vallée de Chamouny. Si nous admettons que la température décroît d'un degré pour chaque 160 mètres d'élévation, la contrée qui jouissait d'une température moyenne de 17°,5, doit avoir été soulevée de 1.840 mètres pour que sa température moyenne se soit abaissée jusqu'à 6°. Mais comme l'élévation actuelle de Vevey, égale à celle de Genève, est de 372 mètres, l'affaissement que cette contrée a subi doit avoir été de 1.468 m. En admettant que cet affaissement eût été général pour toute la Suisse, et que les Alpes l'eussent éprouvé également, il en résulte que le Mont-Blanc, dont la hauteur actuelle est de 4.810 mètres, doit avoir été élevé jusqu'à la hauteur de 6.278 m.: élévation encore bien inférieure à celle qu'atteignent aujourd'hui beaucoup de montagnes de l'Amérique et de l'Asie.

phénomène des blocs erratiques, et à examiner si l'opinion qui attribue leur transport à des glaciers, peut se concilier, comme j'ai essayé de le faire voir, avec les effets produits par le soulèvement des Alpes.

DESCRIPTION

De la Dréelite, *nouvelle espèce minérale.*

Par M. DUFRÉNOY, Ingénieur en chef des mines.

La dréelite a été récemment découverte parmi les déblais qui proviennent de la mine de plomb abandonnée de la Nuissière, dans les environs de Beaujeu (Rhône). M. le marquis de Drée, auquel cette substance a été apportée, a reconnu, par l'examen de sa cristallisation et par quelques essais chimiques, qu'elle constituait une nouvelle espèce, il m'en a confié un échantillon pour en faire l'analyse.

La dréelite est en petits cristaux rhomboïdaux blancs, nacrés, sans aucune modification. Mate extérieurement, elle présente un éclat assez vif à sa cassure. Elle jouit d'un clivage triple parallèlement aux faces du rhomboèdre; ce clivage est indiqué seulement par des lignes de fracture qui se croisent parallèlement aux faces. D'après ses caractères extérieurs, ce minéral a de la ressemblance avec la chabasie, et sa forme primitive, qui me paraît être un rhomboèdre obtus dont l'angle dièdre serait de 93° à 94°, se rapproche beaucoup de la forme de cette substance.

La pesanteur spécifique de la dréelite est comprise entre 3,2 et 3,4.

Cette substance est un peu plus dure que la chaux carbonatée.

Au chalumeau elle est fusible en un verre blanc et bulleux, lequel se colore en bleu par le nitrate de potasse.

Mise en digestion dans l'acide muriatique, elle fait d'abord une légère effervescence, puis elle se dissout en partie lorsqu'on fait bouillir la liqueur pendant une heure.

Cette substance est en petits cristaux disséminés à la surface et dans les couches d'une roche quartzeuse mêlée de parties feldspathiques altérées, qui paraît être de l'arkose.

J'ai fait deux analyses de la dréelite, l'une sur $0^{gr.},520$ de matière, l'autre sur $0^{gr.},265$. J'ai employé le même procédé; seulement dans le premier j'ai cherché si cette substance contenait de l'eau, tandis que dans la seconde j'ai traité immédiatement le minéral en poudre par de l'acide muriatique concentré. Je vais donner quelques détails sur la première analyse.

Les $0^{gr.},520$, calcinés dans un petit tube de verre à la chaleur d'une lampe à l'esprit de vin, ont perdu 0,012. Quelques gouttelettes d'eau qui se sont condensées sur le tube ont prouvé que cette légère perte était due réellement à de l'eau.

J'ai ensuite traité le minéral par de l'acide muriatique concentré; après une heure d'ébullition, la substance paraissait complétement attaquée, et le résidu insoluble se déposait avec une grande facilité. J'ai séparé la liqueur du résidu et je l'ai évaporée: à mesure que le liquide se réduisait, j'ai remarqué qu'il se formait à sa surface de petites paillettes brillantes, devenues assez abondantes quand la liqueur a été complétement évaporée; examinées à la loupe, ces paillettes avaient la forme du gypse, ce qui m'a indiqué que la sub-

stance contenait du sulfate de chaux. J'ai alors repris par l'eau et j'ai séparé d'une part de la silice, et une nouvelle liqueur dans laquelle j'ai obtenu successivement :

0gr.,126 de sulfate de baryte correspondant à
0 ,0423 d'acide sulfurique.
0 ,0125 d'alumine.
0 ,1105 de carbonate de chaux contenant
0 ,0623 de chaux.

Le premier résidu pouvant contenir de la silice gélatineuse, je l'ai fait bouillir avec de la potasse caustique, et j'ai recueilli effectivement par ce procédé une certaine quantité de silice qui, réunie à celle obtenue précédemment, a donné un total de silice de 0,0505.

Quelques essais m'ayant appris que la dréelite contient une quantité très notable de sulfate de baryte, j'ai traité le résidu par du carbonate de potasse pur, et j'ai transformé le sulfate de baryte en carbonate de baryte, tandis qu'il s'est formé du sulfate de potasse. La quantité de sulfate de baryte produite par le sulfate de potasse, et celle résultante du carbonate de baryte ayant présenté des différences notables, je croyais le sulfate de baryte mélangé d'une autre substance; mais la seconde analyse m'a prouvé que cette différence provenait de ce que la potasse caustique que j'avais employée pour dissoudre la silice contenait une petite quantité de carbonate qui avait décomposé une certaine portion du sulfate de baryte formant le résidu. J'ai obtenu dans cette dernière opération 0,3210 de sulfate de baryte.

J'ai annoncé que dans la seconde analyse j'ai fondu la dréelite réduite en poudre sans l'avoir calcinée; j'ai fait cette opération à froid, circon-

stance qui m'a permis d'observer une légère effervescence due à de l'acide carbonique qui s'est dégagé. La substance contient donc un peu de carbonate de chaux et peut-être un peu de carbonate de baryte; il aurait été intéressant de chercher à séparer ces deux carbonates, mais je n'avais plus de substance à ma disposition pour faire cet essai. Je transcris en regard les résultats de deux analyses.

*Première analyse sur 0gr.,520.		Deuxième analyse sur 0,265.	Résultat en 100es d'après la 1re analyse.
Silice.	0,0505	0,0410	9,712
Alumine.	0,0125		2,404
Chaux.	0,0623	0,0320	11,980
Acide sulfurique. .	0,0434	0,0208	8,346
Sulfate de baryte. .	0,3210	0,1705	61,731
Eau	0,0120	»	2,308
Perte et acid. carb.	0,0183	0,0007	3,519
	0,5200	0,2650	100,000

Les résultats de ces deux analyses coïncident assez exactement, à l'exception de la silice qui est plus abondante dans la seconde; il est probable que cette différence tient à un défaut de lavage. L'effervescence que l'on a remarquée dans la seconde analyse et la présence de l'acide sulfurique qui existait dans la liqueur muriatique, indiquent que la substance contient à la fois du carbonate et du sulfate de chaux. En supposant que toute la perte que présenta l'analyse soit due à de l'acide carbonique, et en recomposant le sulfate de chaux et le carbonate de chaux, l'analyse devient:

			oxig.			
Sulfate de baryte. .	61,731	—	4,23	—		2
Sulfate de chaux. . .	14,274	—	1,66	—	}	1
Chaux en excès. . . .	1,521	—	0,43	—	}	
Carbonate de chaux.	8,050	—	1,27			
Silice.	9,712					
Alumine.	2,404					
Eau	2,308					
	100,000					

Les cristaux de dréelite sont implantés sur une roche d'arkose, qui contient des parties nombreuses d'une substance blanche, analogue à l'halloysite : le mélange intime de ce silicate me fait présumer que, malgré tout le soin que j'ai apporté au triage des cristaux, il en adhérait quelques parties à leur surface; la silice, l'alumine et l'eau seraient dans ce cas étrangers au minéral analysé. Je ferai remarquer en outre qu'après avoir recomposé le sulfate et le carbonate de chaux, il reste encore une certaine quantité de chaux en excès. On peut supposer ou que cette chaux appartient au silicate mélangé, ou bien qu'elle provient d'une certaine quantité de sulfate de chaux qui a été décomposé par du carbonate de baryte, dont je ne peux que soupçonner l'existence. Cette dernière hypothèse me paraît la plus vraisemblable; la dréelite contiendrait donc à la fois un carbonate et un sulfate double de baryte et de chaux. On pourrait la considérer comme une espèce de baryto-calcite à deux acides, si la proportion d'oxigène de la baryte était dans le rapport 1 : 1, ce qui n'est pas tout-à-fait exact.

La grande proportion de sulfate de baryte et l'incertitude de la composition atomique de cette substance pourraient peut-être faire soupçonner

que cette substance doit être considérée comme une variété particulière de sulfate de baryte; mais cette supposition est inadmissible, et il est certain que la dréelite doit être regardée comme un minéral particulier; les formes cristallines de ces deux substances étant incompatibles. En effet, le système cristallin de la baryte sulfatée est en octaèdre à base rectangle, correspondant à un prisme rhomboïdal droit sous l'angle de 101° 42', et tous les cristaux secondaires de la baryte sulfatée portent l'empreinte de la perpendicularité de la base sur les faces verticales du prisme. Dans la dréelite, il est certain qu'il n'existe pas d'angle droit, et si par la suite on trouvait des cristaux avec des modifications qui apprissent que la forme de ce minéral n'est pas un rhomboèdre, ainsi que je l'ai indiqué, elle serait alors certainement un prisme rhomboïdal oblique.

J'ai donné le nom de *Dréelite* à ce nouveau minéral pour rappeler que c'est à M. de Drée que nous en devons la découverte. Tous les minéralogistes applaudiront à ce faible hommage rendu à un savant qui permet avec tant de bienveillance, aux personnes qui s'occupent de science, d'étudier sa riche collection.

DESCRIPTION

Du plomb-gomme de la mine de la Nussière, près de Beaujeu (Rhône);

Par M. DUFRÉNOY, Ingénieur en chef des mines.

La combinaison d'oxide de plomb et d'alumine, désignée en minéralogie sous le nom de *plomb-gomme*, par la ressemblance qu'elle présente avec les gouttes de gomme qui suintent des arbres, n'avait jusqu'ici été trouvée que dans la mine d'Huelgoat en Bretagne. M. Danhauser, dans une exploration minéralogique qu'il a faite l'année dernière dans les montagnes du Beaujolais, a découvert un nouveau gisement de cette substance dans la mine de plomb de la Nussière, près de Beaujeu. Le plomb-gomme, disséminé sur une gangue de quartz, y est associé à du plomb phosphaté, du plomb carbonaté, du plomb sulfuré et du plomb molybdaté; cette découverte intéressante confirme la composition de cet aluminate de plomb; elle offre en outre l'occasion d'étudier les caractères minéralogiques de cette substance encore assez mal connue.

Le plomb-gomme de la Nussière, de même que celui de Bretagne, est en masses concrétionnées; il forme de petits mamelons de 2 à 3 millimètres de diamètre, qui présentent des textures un peu différentes; les uns d'un blanc jaunâtre, très luisans à l'extérieur, dont la cassure est à la fois esquilleuse et testacée, n'offrent aucune trace de cristallisa-

tion; les autres, légèrement verdâtres, sont composés de couches concentriques, et possèdent une texture rayonnée comme la wavellite; vues au microscope, ses fibres paraissent appartenir à de petits cristaux alongés, dont la coupe serait rhomboïdale à la manière de certaines aragonites.

La dureté du plomb-gomme est intermédiaire entre celle de la chaux carbonatée et de la chaux phosphatée.

Sa pesanteur spécifique, prise à la température de 15°, est de 4,88.

Au chalumeau, le plomb-gomme décrépite; sur le charbon, il se boursouffle et donne un émail blanc scoriacé.

Cette substance est soluble dans les acides forts.

La manière dont le plomb-gomme de la Nussière s'est comporté au chalumeau, m'ayant fait pressentir qu'il contenait de l'eau, j'ai commencé l'analyse de ce minéral par en faire la recherche; pour y parvenir, j'ai mis 0$^{gr.}$,772 de plomb-gomme porphyrisé dans un petit appareil contenant du muriate de chaux desséché; je l'ai chauffé jusqu'au rouge, au moyen d'une lampe à l'esprit-de-vin; le plomb-gomme a éprouvé une perte de 0$^{gr.}$,1230 par cette calcination. Il devait, par conséquent, rester 0$^{gr.}$,649 de matière desséchée; mais je n'ai trouvé que 0$^{gr.}$,6395 dans le tube, la légère différence de 0$^{gr.}$,0095 est le résultat d'une perte dans le transvasement. J'ai dissous la substance desséchée dans de l'acide nitrique pur concentré; la dissolution a été complète, mais la liqueur était légèrement trouble par une certaine quantité de silice en gelée qui y était tenue en suspension. J'ai évaporé la liqueur à siccité, et après l'avoir repris par de l'acide, j'ai obtenu 0$^{gr.}$,016 de silice. Un

essai m'ayant fait reconnaître la présence de l'acide phosphorique, j'ai précipité le plomb au moyen de l'hydrogène sulfuré; j'ai ensuite transformé le sulfure de plomb en sulfate, en le dissolvant dans l'acide nitrique; et, pour plus de sûreté, j'ai ajouté une petite quantité d'acide sulfurique. Cette opération m'a donné $0^{gr.},4505$ de sulfate de plomb, correspondant à $0^{gr.},3331$ d'oxide de plomb. J'ai ensuite versé de l'hydrosulfate d'ammoniaque dans la liqueur, il s'y est alors formé un précipité blanc floconneux composée d'alumine et de phosphate d'alumine; j'ai séparé l'acide phosphorique par les moyens ordinaires et j'ai obtenu $0^{gr.},2610$ d'alumine.

Pour doser l'acide phosphorique, je me suis servi du procédé de M. Berthier, qui consiste à le précipiter à l'état de sous-phosphate de fer, par l'addition d'une quantité déterminée de fer métallique.

J'ai ensuite fait bouillir pour chasser l'excès d'hydrosulfate, et j'ai mis en digestion dans la liqueur 0,065 de fer métallique, correspondant à 0,0937 de peroxide : enfin j'ai précipité le phosphate et le fer par le carbonate de soude; ce procédé m'a donné 0,1080 d'oxide de fer et de phosphate; d'où il résulte que la substance contenait 0,0144 d'acide phosphorique.

En réunissant ces différens nombres, on trouve que le plomb-gomme de la Nussière est composé de

			ou en centièmes.
Silice.	0,0160	—	0,0211
Alumine..	0,2610	—	0,3423
Oxide de plomb. .	0,3311	—	0,4342
Acide phosphoriq.	0,0144	—	0,0188
Eau.	0,1230	—	0,1613
Perte.	0,0170	—	0,0223
	0,7625		1,0000

L'échantillon dont on a soumis une partie à l'analyse, contenant du phosphate de plomb, il est très probable que l'acide phosphorique que l'on a trouvé représente une certaine quantité de phosphate mélangé au plomb-gomme : dans cette supposition l'analyse devient :

			Oxigène.		
Silice.	0,0211	—	0,0156		
Alumine.	0,3423	—	0,1598	—	6
Oxide de plomb. .	0,3751	—	0,0269	—	1
Eau.	0,1613	—	0,1435	—	6
Phosphate de pl.	0,0779				
Perte.	0,0223				
	1,0000				

La quantité d'oxigène contenue dans l'oxide de plomb et dans l'alumine et l'eau, est à peu près dans le rapport de 1 à 6, comme dans le plomb-gomme de Bretagne. La petite quantité de silice gélatineuse remplace peut-être une certaine quantité d'alumine, dont la proportion est un peu faible. Dans ce cas, la formule serait $\dot{P}b\dot{\dot{A}}l^2 + 6Aq$, qui représente également le plomb-gomme de Bretagne.

MÉMOIRE

Sur les machines à colonne d'eau de la mine d'Huelgoat, concession de Poulluoaen (Finistère);

Par M. JUNCKER, Ingénieur des mines.

(DEUXIÈME PARTIE).

CHAPITRE IIe. — *Attirails de tirans; balancier hydraulique; pompe élévatoire.*

La transmission de la puissance jusqu'à la tige de la pompe située au fond du puits se fait, ainsi qu'il a été dit, selon une ligne droite, au moyen d'un attirail dont je vais m'occuper en premier lieu. Attirail.

Suivant mon projet primitif, cet attirail devait être entièrement construit en fer pour les deux machines jumelles qui composent l'appareil, à l'exclusion du système ordinaire des tirans de bois assemblés avec des platines et des boulons en fer. Cette préférence a été basée non-seulement sur la difficulté de se procurer en tout temps à Huelgoat les bois de construction de fort échantillon et de bonne qualité nécessaires pour les tirans; mais plus particulièrement encore sur le désir d'assurer à cette partie de la machine, comme je l'ai fait pour les autres, une certitude de durée et d'invariable résistance que le bois est si loin de présenter, dans l'intérieur des mines surtout.

Néanmoins, divers motifs, tous en dehors des considérations précédentes, m'ont déterminé à modifier mon projet et à adopter pour la première machine, dont la construction était devenue très urgente, des tirans en bois, tout en conservant la pensée de leur remplacement ultérieur par un attirail en fer, pareil à celui dont la seconde machine a été munie.

Premier attirail : tirans en bois. L'attirail en bois est formé d'une suite de tirans assemblés l'un à l'autre par un trait de jupiter simple, consolidé au moyen d'une armature en fer, sur laquelle se reporte en dernière analyse tout l'effort qui tend à désunir le joint.

Cette armature se compose de quatre platines opposées deux à deux et serrées contre le bois par 13 boulons carrés à écrous. Cet assemblage, qui est représenté *Pl. IV, fig.* 4 et 5, demande plus de précision qu'on ne le suppose d'ordinaire, pour obtenir une solidarité complète de résistance entre le fer et le bois, et éviter tout cheminement de l'un dans l'autre; ainsi les platines ont été percées à froid d'après deux gabaris étalons construits avec beaucoup de soin; les boulons, tous d'égale grosseur, ont été présentés et ajustés dans leurs trous respectifs. Les mêmes gabaris ont servi ensuite pour percer la place des boulons dans les tirans de bois, qui avaient été préalablement bien dressés d'équerre sur les quatre faces. Il va sans dire qu'on a rebuté tous ceux de ces derniers dans lesquels on a reconnu des défauts lors du travail des faces et du percement des trous.

Les résultats les plus satisfaisans ont couronné tous ces soins. L'attirail essayé, sous une pression triple de l'effort qu'il devait habituellement supporter, n'a bougé dans aucun de ses joints d'une

quantité discernable à l'œil ; seulement il s'est alongé d'environ 0m,08, sans doute en vertu de l'élasticité propre aux matériaux dont il est composé, puisqu'il a retrouvé sa longueur primitive lorsque la force de traction a cessé d'agir sur lui ; enfin, depuis trois années et demie qu'il fonctionne, on n'a pu observer en aucun point le moindre jeu dans les abouts des tirans.

Les dimensions du fer et du bois ne sont pas les mêmes du haut au bas de cette longue tige ; elles sont proportionnées aux charges qui la sollicitent et qui décroissent à mesure qu'on descend vers la pompe. Mais comme il est impossible, en bonne pratique, d'exécuter une tige uniformément décroissante entre deux points déterminés, j'ai divisé les tirans et leurs armatures en quatre séries selon les nombres : 0m,27, 0m,25, 0m,23, 0m,21 pour l'écarrissage des bois, et 0m,032, 0m,028, 0m,024, 0m,020 pour l'épaisseur des platines ; la largeur de ces dernières restant égale partout à 0m,12, de même que la grosseur des boulons fixée à 0m,04. Les tirans ont 7 mètres de longueur prise entre les milieux de deux joints consécutifs ; ceux-ci ont 1 mètre (*fig.* 4).

Le moyen d'attache de l'attirail contre la tige du piston de la machine représenté en r, (*Pl. IV*, *fig.* 1, 3) consiste simplement en deux fortes bandes ou mâchoires en fer qui embrassent le bout cylindrique de la tige additionnelle X', et sont traversées, de même que cette dernière, par deux clavettes. A leur partie inférieure, ces bandes sont fixées contre le premier tirant de la première série, au moyen de cinq boulons. Deux platines fortement serrées contre les deux autres faces du tirant ont pour objet d'empêcher le bois

de se fendre sous l'effort des boulons précédens. On s'y est pris de la même manière pour assembler le dernier tirant de la quatrième série avec l'extrémité de la tige du piston.

La tige additionnelle X' est elle-même fixée contre celle du piston, au moyen d'un manchon d'emboîtement l et d'un double système de clavettes. J'indiquerai plus loin l'utilité de cette tige.

Deuxième attirail : chaînes en fer.

L'attirail en fer est une chaîne analogue à celles qu'on emploie pour les ponts suspendus, mais exécutée avec plus de soin. Elle consiste en un faisceau de quatre tringles ou barres carrées, accouplées deux à deux, de manière à former deux chaînes à deux brins parfaitement semblables et juxtà-posées (*fig.* 3 *et* 7).

Chacune de ces dernières est morcelée dans sa longueur et divisée en un nombre de mailles égales r_1, r_2, qui sont réunies au moyen de trois platines percées de deux trous principaux, et par deux boulons qui enfilent les platines et les têtes des tringles.

Les articulations correspondantes des deux demi-chaînes sont réunies par leurs milieux, au moyen de deux petites brides en fer que traversent deux boulons r (*fig.* 10 et 11). De cette manière, ces chaînes ne peuvent plus s'écarter, sans cependant former un seul tout entièrement invariable ; elles conservent au contraire l'utile faculté de pouvoir glisser un peu l'une sur l'autre dans le sens de la longueur, en laissant un jeu convenable au bridage qui les réunit.

On voit donc que chacun de ces doubles nœuds, indépendamment des huit tringles, opposées quatre à quatre, qui y aboutissent, comprend six platines

traversées trois à trois par quatre boulons principaux et par deux petits boulons que réunissent deux brides.

Toutes les mailles, sauf les deux extrêmes qui ont à se raccorder avec les tiges des pistons, ont la même longueur de 3^m,503 comptée de milieu en milieu de deux nœuds consécutifs. Elles sont divisées en quatre séries; dans la première, la plus élevée de la chaîne, les tringles auront 0^m,049 d'écarrissage; cette dimension ne sera plus que de 0^m,047 pour la seconde, 0^m,045 pour la troisième et 0^m,043 pour la quatrième. Les platines et boulons des nœuds suivent un décroissement analogue; ainsi les boulons principaux ont respectivement 0^m,049, 0^m,047, 0^m,045, 0^m,043 de diamètre; toutefois les petits boulons et leurs brides conservent partout la même grosseur.

Les nœuds des cinq dernières mailles de la quatrième série diffèrent des autres en ce qu'ils ne sont point articulés. Les têtes des tringles y sont carrées ou plutôt terminées carrément, et elles sont maintenues fixes entre les platines, au moyen d'un système de clavettes à talons qui remplace en même temps les petits boulons et brides des autres joints, et procure à cette partie de la chaîne la rigidité dont elle a besoin. Ce nœud est représenté en DD' *Pl. V*, *fig.* 2 et 19.

Les boucles d'assemblage des mailles extrêmes avec les tiges des pistons ne demandent plus aucune explication, quand on a jeté les yeux sur les *fig.* 2, 19 et 20, pour à la boucle inférieure, et sur les *fig.* 3, 7 et 8, *Pl. IV*, en ce qui concerne le moyen d'attache supérieur r_1.

Une chaîne comme celle que je viens de dé-

crire n'offre dans sa construction qu'une seule difficulté un peu sérieuse : c'est d'être organisée de manière que ses quatre brins ou élémens principaux soient toujours également tendus durant leur travail, ou, en d'autres termes, qu'ils soient solidaires dans le partage de la résistance à l'effort qui leur est opposé.

Nécessité et difficulté d'une tension égale.

Cette égalité de tension ne pouvant être que la conséquence de la parfaite exécution de toutes les parties dont la chaîne se compose, les recommandations suivantes ont été faites au fabricant qui en a été chargé (1):

1° Les têtes des tringles, forgées avec le plus grand soin, seront, ainsi que les platines, percées à froid sur les mêmes gabaris parfaitement étalonnés;

2° Après avoir ensuite placé les unes sur les autres les pièces semblables de chaque série (tringles ou platines), on passera un alésoir dans les trous correspondans, jusqu'à ce qu'ils ne forment plus qu'une même surface cylindrique continue du diamètre voulu;

3° Les boulons principaux seront tournés et bien calibrés aussi pour remplir très exactement, et dans toute leur longueur, les espaces cylindriques formés par les trous des têtes de tringles et des platines qu'ils traversent.

Indépendamment de ces soins et de plusieurs autres moins importans et inutiles à rapporter ici, on s'est ménagé la faculté de remédier par les boucles de suspension à une légère inégalité de longueur qui pourrait exister entre les deux

(1) M. E. Martin de Fourchambault (Nièvre).

demi-chaînes au moment de leur pose. Enfin, on a dû compter aussi un peu sur la nature très extensible du fer *dit à câbles*, demandé pour la construction de la chaîne, comme moyen de racheter les derniers petits défauts d'ajustement.

La chaîne, quant à ses dimensions dans le sens transversal, a été calculée dans la supposition où chaque centimètre carré de section serait habituellement chargé de 550 kilogr.; mais elle a été soumise aussi à la condition de supporter une traction d'épreuve équivalente à 1.500 kilogr. par centimètre carré, continuée pendant douze heures consécutives, et qui ne doit ni rompre le fer ni détruire son élasticité.

Balancier hydraulique.

L'emploi d'un attirail vertical, comme instrument de transmission de mouvement dans les machines qui servent à l'épuisement des mines, est toujours soumis à la condition de n'occasioner que le sacrifice le plus minime possible à la puissance qui doit mettre en jeu la masse souvent très considérable de cet attirail. La machine d'Huelgoat, plus que toute autre, a dû être soumise à cette loi commune, puisque le poids de la chaîne ci-dessus décrite ne pèse pas moins de 16.000 kil., c'est-à-dire le tiers de la pression exercée sous le piston moteur.

Divers moyens ont été mis en usage pour manier de telles masses, sans trop préjudicier à l'effet utile des machines.

Le plus souvent on s'est servi de grands leviers oscillans, chargés de poids à l'une de leurs extrémités et attachés par l'autre aux maîtresses tiges qu'il s'agissait d'équilibrer.

Dans quelques machines récemment construites en Hongrie, on a réparti les pompes entre deux

maîtresses tiges qui, réunies l'une à l'autre par une chaîne passant sur une poulie entre-axe, se balançaient entre elles. Une machine dédoublée meut ces deux attirails.

D'autres fois, comme dans les mines du Cornwall, on a utilisé le poids des masses élevées pour faire monter les eaux souterraines au moyen de pompes foulantes.

Enfin, dans ces mêmes usines, on a eu recours à un contre-poids hydraulique qui consiste en une colonne d'eau communiquant avec un cylindre dans lequel fonctionne un piston, dont la tige dirigée en bas, est liée à l'extrémité supérieure de l'attirail. (Voyez, pour plus de détails sur ces derniers moyens, le mémoire de M. Combes sur les mines du Cornwall, *Ann. des mines*, 3e *série*, *tome V*.)

Motif du rejet des balanciers connus, et de l'emploi d'une disposition nouvelle.

Mon but ne peut pas être d'entrer ici dans une discussion approfondie des mérites et des inconvéniens de ces divers balanciers; je dois me contenter d'indiquer les principaux motifs sur lesquels je me suis appuyé pour ne point les employer.

J'ai rejeté les balanciers rigides oscillans, parce que :

1° Ils obligent la puissance motrice à dépenser une quantité d'action trop grande pour relever sans cesse la partie du poids de l'attirail employée à imprimer le mouvement oscillatoire à leur énorme masse. Les chocs et les vibrations qui résultent de ce mouvement viennent encore augmenter cette dépense de force;

2° Ils portent en eux des causes incessantes d'usement et de destruction, et sont par conséquent loin de présenter le degré de sécurité désirable;

3° Ils sont, d'après cela, en opposition com-

plète aux principes qui ont présidé à l'organisation de la machine qui nous occupe;

4° Ils exigent, quand le poids à balancer est considérable, des excavations très grandes ou très nombreuses.

Des objections à peu près semblables pouvaient être adressées à la méthode hongroise; mais je l'aurais repoussée encore, quoique fort rationnelle au premier aperçu, parce que :

1° Le mode de suspension sur une poulie d'un petit diamètre ne peut pas convenir dans le cas d'attirails d'un poids considérable (1);

2° Il y a un désavantage très grand à faire dépendre l'une de l'autre deux machines, ou même deux portions de machines qui, pouvant éprouver des dérangemens particuliers et des résistances variables, se contrarient mutuellement; l'effet utile de tels appareils est toujours considérablement affaibli.

Je n'ai pas eu recours au troisième moyen, parce que :

1° Je n'ai pas voulu, d'après les motifs développés plus haut, placer l'attirail dans les circonstances d'une machine à double effet, en le faisant agir pour élever de l'eau par refoulement, de 230 mètres de profondeur;

2° Ce mode eût exigé une chaîne ou maîtresse tige d'un poids double au moins de celui qui est en usage.

Le quatrième moyen m'avait paru si simple et tellement en harmonie avec les autres parties de notre appareil d'épuisement, que, dès 1822, je

---

(1) 32.000 kilogr. pour notre machine.

l'avais compris dans une de mes études de machines à colonne d'eau, sans savoir qu'il fût usité en Angleterre; mais peu de temps après, ayant trouvé mieux encore, c'est-à-dire un balancier inhérent à la machine et agissant sans aucun intermédiaire de corps solides, je m'y suis irrévocablement fixé.

Tout balancier doit agir alternativement de deux manières : tantôt il seconde la puissance, quand elle est appelée à faire monter l'attirail, tantôt il est un frein opposé à la libre descente de ce dernier. En se représentant l'énorme force vive avec laquelle le piston, abandonné dans le haut de sa course, à l'action de la gravité, atteindrait la base du cylindre, on concevra toute l'importance de la seconde de ces fonctions, à laquelle d'ailleurs les machines à colonne d'eau se prêtent merveilleusement bien.

Il suffit en effet, pour retarder autant qu'on le voudra la vitesse de descente du piston, de ne pas permettre à l'eau motrice de s'échapper librement, c'est-à-dire d'appliquer sur l'orifice d'émission un obstacle quelconque, par exemple, une soupape chargée d'un poids convenable et proportionnée à la pesanteur de l'attirail.

J'ai pensé bientôt que l'on atteindrait également le but proposé en adaptant sur le même orifice, pour servir à l'écoulement de l'eau, une colonne de tuyaux d'une hauteur verticale, telle que la pression exercée par cette voie sous le piston principal fût égale, ou plutôt légèrement inférieure au poids qui le sollicite en sens opposé.

Une telle disposition satisfaisait donc à l'une des conditions du problème des balanciers; mais

elle laissait à la charge du moteur le relèvement de l'attirail tout entier.

La solution a été complétée par l'idée bien simple de placer la machine avec sa colonne additionnelle de tuyaux d'émission, au contre-bas de la galerie d'écoulement. Il est évident que de cette manière la colonne de chute étant alongée d'autant, la force motrice recevait l'accroissement nécessaire pour soulever l'attirail. Celui-ci se trouvait donc ainsi équilibré tant à la montée qu'à la descente, sans que la puissance motrice en éprouvât un préjudice trop sensible.

Ces considérations, appliquées à la machine d'Huelgoat, ont donné lieu au balancier hydraulique qui est représenté *Pl. IV, fig.* 1. On y voit la machine descendue au-dessous de la galerie d'écoulement E′, et par conséquent le tuyau de chute alongé de toute la hauteur qui sépare cette galerie de la base du cylindre Y, ou plutôt de la limite inférieure Y′ de la course du piston principal. La colonne en retour $SS_1 .... S_4$ constitue le balancier proprement dit; elle part du tuyau d'émission S, et se trouve ensuite disposée, coudée comme celle de chute, seulement elle se termine en S_3 par un gobelet E_5, qui porte latéralement un conduit ou dégorgeoir rectangulaire S_4, par lequel l'eau s'échappe vers la galerie.

Les avantages d'un pareil balancier sont patens: Avantages et inconvéniens du balancier hydraulique.

1° Il réunit à une grande simplicité une incontestable efficacité et une continuité d'action inaltérable;

2° Il offre une absolue sécurité; car l'on ne saurait imaginer un événement ayant pour conséquence de laisser l'attirail abandonné à lui-même dans sa descente;

3° Il ne comporte aucune masse solide en mouvement, et par conséquent aucune cause d'ébranlemens ni de contre-coups;

4° Il n'exige aucune espèce de surveillance, de soins particuliers, de dépense d'entretien.

Mais à côté de ces avantages se présentent aussi quelques inconvéniens; ainsi on peut lui reprocher :

1° D'être d'une exécution assez coûteuse, en ce qu'il nécessite l'approfondissement du puits de chute et un alongement des tuyaux. On peut dire, il est vrai, que par la même occasion l'attirail du puits diminue de longueur;

2° De placer la machine beaucoup au-dessous de la galerie d'écoulement, c'est-à-dire dans une position que l'on pourrait regarder comme critique s'il pouvait y avoir quelques chances de submersion totale des travaux souterrains;

3° De ne point agir d'une manière tout-à-fait uniforme. On conçoit en effet que le contre-poids, dont la hauteur doit être calculée dans la supposition du piston rendu au bas de sa course, est ensuite variable, entre les limites de cette dernière, d'une quantité égale au poids de l'eau contenue dans le cylindre; cette circonstance entraîne en dernière analyse une dépense de force qui s'ajoute à celle qu'il faut imputer au moteur pour produire le mouvement dans l'appareil;

4° De ne convenir qu'à une profondeur d'épuisement déterminée, c'est-à-dire pour une pesanteur d'attirail donnée.

Quelle que soit la gravité des reproches que l'on peut faire à ce balancier hydraulique, j'ai cru devoir persister à me laisser guider par les avantages qu'il présente. Ma conviction à cet égard n'a même

pas pu être ébranlée par un mécompte assez grave que j'ai éprouvé au moment de son exécution.

Hauteur de la colonne d'eau balancier.

Après avoir calculé la profondeur à laquelle il convenait de descendre le plan de pose de la machine pour obtenir le balancement d'attirail le plus complet possible, il s'est trouvé que la roche qui forme en ce point les parois du puits, était d'une nature tellement ébouleuse qu'il eût été sinon impossible, du moins très imprudent d'y établir le pont de support des machines. Il a donc fallu s'élever plus haut pour trouver des appuis solides, et il en est résulté que la hauteur du balancier, c'est-à-dire la distance entre la tablette qui forme l'entrée de la galerie d'écoulement et le dessus de la tubulure du grand cylindre, a été réduite à 14 mètres.

La pression hydrostatique, qui correspond à ce nombre pour une surface de piston égale à 0,817, n'est que de 11.400 kil., tandis que l'attirail en pèse 16.000 (abstraction faite du poids des pistons et des tiges, à réserver pour vaincre les frottemens auxquels ils donnent lieu à la descente). Le rapprochement de ces deux nombres fait voir que dans une telle situation, et pour une profondeur d'épuisement de 230 mètres, le balancier sera insuffisant, et qu'il faudra lui adjoindre un système auxiliaire si la force motrice disponible alors ne se trouvait plus en état de faire face à cette surcharge.

Dans l'état actuel des choses, c'est-à-dire pour des pompes placées à la profondeur de 170 mètres, et jusqu'à ce que les travaux aient atteint leur limite de 230 mètres, cette hauteur de $14^m,00$ sera

fort bien appropriée à la pesanteur de la chaîne, qui n'est encore que de 12.000 kil.

Dans l'origine, la pompe de la première machine n'a pu être posée qu'à la profondeur de 155 mètres; son attirail en bois, qui pesait près de 15.000 kil., avait sur le balancier une prépondérance assez marquée pour qu'on fût obligé de l'amortir au moyen du modérateur placé dans le tuyau d'émission. Si, au contraire, on avait été contraint par les circonstances de l'exploitation à placer la pompe plus haut encore, ou si l'on avait eu recours à un attirail plus léger, comme c'est le cas de la chaîne de fer, il serait arrivé que le balancier eût été trop énergique. Dans ce cas, le piston principal n'aurait pu descendre qu'à l'aide de poids additionnels appendus contre sa tige; c'est principalement dans ce but que l'on a adapté contre cette dernière, au moyen du manchon à clavettes *l*, le tirant de fer X', destiné à recevoir des rondelles en plomb.

Pompe élévatoire. La pompe élévatoire, qui complète l'appareil d'épuisement, est placée au fond du puits vers lequel on dirige toutes les eaux de filtration, et présente les parties principales ci-après :

Un corps ou cylindre C, *fig.* 1, 2 et 4, *Pl. V*, fermé à sa partie supérieure, et dans lequel se meut le piston P;

Une chapelle latérale LL', renfermant deux soupapes S, S';

Un tuyau d'aspiration A.... A_4, avec un bassin ou puisard B;

Un tuyau montant Ω.

Les fonctions de la pompe et de ses diverses parties peuvent se résumer ainsi : lorsque le piston P, sollicité par la machine motrice, monte dans

son cylindre, l'eau dont est rempli ce dernier passe dans la chapelle, soulève la soupape S', et s'élève dans le tuyau montant Ω pour se rendre à la galerie d'écoulement; quand il redescend, cette soupape se ferme, et l'eau du bassin, obéissant à la pression atmosphérique, monte dans l'aspirateur, soulève la soupape S, et va remplir dans le cylindre l'espace parcouru par le piston. La pompe est donc intermittente d'aspiration et de refoulement, suivant que la force motrice est inactive ou agissante. Je passe à l'examen détaillé de ses diverses parties.

Le cylindre C est en bronze, parfaitement alésé et même rôdé, sauf dans sa partie supérieure, où il est légèrement évasé pour faciliter l'entrée du piston; à cette partie correspond la tubulure T, qui établit sa communication avec la chapelle. Son orifice inférieur reste ouvert, ce qui permet de graisser sa surface intérieure dans toute l'étendue de la course du piston; l'orifice supérieur au contraire est fermé au moyen d'une boîte à cuir, traversée par la tige X du piston; un disque recouvre cette boîte et sert à comprimer la garniture qu'elle contient. Celle-ci est formée de plusieurs rondelles de cuir, et surtout de deux demi-tores, adossés ou tournés en sens contraire, dont l'un doit s'opposer à la sortie de l'eau, l'autre à l'introduction de l'air au moment de l'aspiration.

Le piston et sa tige sont également en bronze, mais d'une seule pièce, tournée et polie. La surface supérieure du plateau O, qui fait piston, est munie d'un chapeau de cuir embouti, ayant $0^m,027$ de bord retroussé, formé et maintenu exactement comme dans le piston moteur : la plus complète imperméabilité résulte encore ici de cette simple

garniture. Un chapeau semblable avait été appliqué primitivement sous ce même plateau, dans le but d'empêcher l'air de pénétrer dans la pompe pendant l'aspiration ; mais il perdait bientôt sa flexibilité par suite de son contact avec l'eau vitriolique, qui tapisse toujours la surface intérieure du cylindre, et cessait d'obéir à la pression de l'air extérieur. Pour lui restituer toute l'élasticité désirable, il a fallu adapter dans son intérieur, et fixer contre le piston, au moyen d'un boulon central G, un plateau *p*, *fig.* 14 et 15, garni en dessus d'un système de liteaux *l l*, et de ressorts à boudin *l*, *l*, qui poussent le rebord vertical du cuir contre le corps de pompe.

La chapelle est formée de deux parties L, L' superposées. Celle d'en haut L s'emboîte dans la pièce évasée Ω, qui termine inférieurement la colonne montante ; elle est munie à son sommet d'un chapeau de cuir embouti, tout-à-fait semblable à ceux précédemment cités, et maintenu comme eux au moyen d'une rondelle et de vis *v* en cuivre ; les écrous de ces dernières, en même métal, sont ici rapportés et noyés en *v'* dans l'épaisseur de la pièce elle-même, qui est en fonte de fer.

La partie L, ou la chapelle proprement dite, qui est réunie à la pompe par sa tubulure T', présente au-dessus et au-dessous de cette dernière les deux systèmes de soupapes S, S'. Le premier est pincé dans une rainure qu'offre le joint LL' ; le second s'emboîte dans le haut de l'aspirateur A, et repose sur un rebord ménagé au fond de la chapelle, où il est maintenu par trois coins *α*, que l'on enfonce dans des entailles pratiquées sur son pourtour. Des regards, placés en *r* et *r'* sur les deux parties de la chapelle, servent à vérifier l'état

des soupapes et à les nettoyer au besoin; pour les changer, il faut relever la pièce L, ce qui se fait aisément au moyen du joint mobile $v\ v'$.

Soupapes.

Chacun des systèmes S S' se compose de deux pièces : d'une soupape proprement dite; (voyez *fig*. 6, 7), et d'une boîte ou porte-soupape F, (*fig*. 8, 9, 10). La boîte offre, à sa partie supérieure, un creux conique, et à son centre un guide maintenu par une croix, qui reçoit à frottement doux la tige centrale de la soupape. Celle-ci est couronnée par des nervures de renfort et par un bout de tige fileté qui sert à la manœuvrer. Elle présente d'ailleurs en dessous une surface conique qui se loge exactement dans le vide de même forme que présente la boîte. Ces deux parties doivent être tournées, cintrées, puis rôdées l'une sur l'autre avec le plus grand soin.

Aspirateur.

Les tuyaux aspirateurs A... A_3 s'adaptent contre l'oreille qui entoure l'orifice inférieur de la chapelle. Le dernier A_3 est évasé à son extrémité, et muni d'un plateau ou disque en cuivre, percé de deux ouvertures 2 2' demi-circulaires séparées par une traverse. Ce disque sert de support à un clapet double $z z'$, formé de deux rondelles de cuir superposées, comprises entre deux paires de plaques de cuivre, réunies par des rivets, et fixé sur la traverse du disque au moyen d'une tringle vissée z'', autour de laquelle le cuir fait charnière. Voici l'objet de ce clapet. Lorsqu'on veut remettre la machine en jeu après un chômage plus ou moins long, il est nécessaire de remplir d'eau toutes les parties de l'appareil pour en chasser l'air qui a pu s'y introduire, et qui occasionne toujours des ébranlemens fâcheux à l'origine du mouvement. Cette injection d'eau doit commencer par

l'aspirateur, dont il faut par conséquent tenir fermé l'orifice inférieur.

D'un autre côté, on voit en $u_1 u_2 u_3$ un système de petits tubes munis de robinets, au moyen desquels on peut mettre l'aspirateur et la chapelle en communication avec la colonne montante. Enfin, on procure une issue à l'air en tournant la vis creuse *w*, adaptée sur le couvercle du regard *r* de la chapelle. Lors donc qu'on ouvre les robinets, l'eau du tuyau Ω se précipite dans l'aspirateur et le remplit promptement; l'air soulève la soupape S et sort par la vis *w* en même temps que celui qui est déplacé par l'eau que l'on injecte dans le corps de pompe par le robinet u_2.

Dès que l'eau se montre à son tour en *w*, on referme la vis aussi bien que les robinets, en commençant par celui d'en haut : l'appareil est alors prêt à fonctionner. Cette manœuvre, qui est aussi prompte que sûre, a pour résultat de donner à la machine, dès le premier coup de piston, la marche douce et régulière qu'elle conserve ensuite presque indéfiniment.

Le bassin B est destiné tout à la fois à l'alimentation de la pompe et à l'épuration des eaux qu'elle doit élever. Il se trouve en partie suspendu dans le puits, en partie logé dans une excavation latérale faite tout exprès. J'aurai l'occasion de décrire au chapitre suivant les dispositions faites tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de ce bassin pour la complète épuration des eaux, condition essentielle à la conservation et au bon effet de la machine.

La colonne montante qui commence à la pièce Ω, se compose d'une longue suite de tuyaux en fonte, placés les uns au-dessus des autres, et se terminant à la galerie d'écoulement; elle est ver-

ticale jusqu'auprès de la machine en Ω_1, *Pl. IV*, *fig*.3. Là, il a fallu la dévoyer latéralement au moyen des tuyaux courbes $\Omega_1 \Omega_2$, pour éviter la tubulure du cylindre Y et le régulateur; redevenue verticale dans la chambre de la machine, elle s'infléchit bientôt de nouveau en Ω_3, pour reprendre ensuite son aplomb primitif dans la partie supérieure du puits, où elle s'arrête en Ω_5 à la hauteur de la galerie d'écoulement. Elle est couronnée à ce point par un gobelet fermé en dessus, et muni latéralement d'un tuyau de dégorgement rectangulaire, qui verse l'eau élevée dans une bâche Σ qui communique avec la galerie d'écoulement au moyen d'un canal ou conduit en bois Σ′ Σ″, placé sur l'un des côtés de la galerie et du puits de chute qu'il traverse.

Les tuyaux qui composent cette longue colonne ne sont pas tous semblables entre eux. Dans la partie inférieure jusqu'à 61 mètres sous la galerie d'écoulement, ils ont 2^m,30 de longueur, et 0^m,275 de diamètre intérieur; mais ils sont divisés en cinq séries quant à l'épaisseur, qui suit à partir d'en bas, la progression décroissante des nombres 56, 48, 40, 32, 24; ils sont réunis par des brides à boulons, dont les épaisseurs un peu moindres sont respectivement exprimées par les nombres 48, 40, 32, 24, 24.

Le reste de la colonne est formé de tuyaux pareils à ceux de chute, qui ont 2^m,60 de longueur, 0^m,38 de diamètre intérieur, et 0^m,027 d'épaisseur de paroi; les tuyaux courbes Ω_1, Ω_2..... sont des huitièmes de circonférence pareils à ceux qui composent deux à deux les coudes dans le puits de chute. L'emploi de tuyaux plus grands dans cette partie du puits, quoique très favorable

au mouvement de l'eau en raison des doubles coudes Ω, Ω_1, n'a cependant pas été provoqué par ce seul motif; il s'agissait aussi d'utiliser un certain nombre de tuyaux de cette dimension qui excédaient les besoins des colonnes du puits de chute (*voyez* note de la page 126). Il sera parlé du montage de ces tuyaux dans le chapitre suivant.

Imperfection des pompes en général. Mécompte dans leur produit.

On a depuis long-temps reconnu que le produit effectif des pompes reste toujours au-dessous des indications du calcul, c'est-à-dire que le volume d'eau élevé n'est jamais égal à celui du solide engendré par la course du piston; les systèmes en apparence les meilleurs et les mieux exécutés, présentent encore des différences notables, et il n'est pas rare d'y voir l'effet théorique réduit d'un quart. Les imperfections des soupapes et des garnitures du piston sont évidemment la cause principale de tels mécomptes.

Les soupapes peuvent pécher soit par défaut de précision dans leur ajustement contre les surfaces fixes sur lesquelles on les fait battre; soit, surtout, parce que leur mouvement n'est pas assez libre ni assez prompt pour produire une clôture instantanée. Diverses observations me portent à penser que les soupapes à charnières ou les *clapets* sont dans ce dernier cas, et qu'en général celles à mouvement vertical sont préférables.

Les garnitures de pistons sont pour la plupart sujettes à se laisser traverser par l'eau au bout d'un temps de service très court, surtout quand les cylindres avec lesquels elles sont en contact sont imparfaits ou chambrés. Tous ces défauts, qui ont pour conséquence de laisser retomber une partie de l'eau soulevée, deviennent d'autant plus graves que les hauteurs de pression sont plus considéra-

bles, et à cet égard notre appareil, qui devait fonctionner à près de 23 atmosphères, demandait les soins les plus grands, les instrumens les plus parfaits.

A mon avis, la meilleure disposition de pompes est celle qui permet de constater à chaque instant l'état des garnitures et des soupapes, ou plutôt le degré d'herméticité qu'elles présentent, afin de les remplacer dès qu'il s'y manifeste des pertes.

Dispositions particulières aux pompes d'Huelgoat. Améliorations.

Les cylindres ouverts à l'une de leurs extrémités, ou bien les pistons pleins (plunger) dans les pompes foulantes, satisfont complétement à cette condition, quant aux garnitures de pistons : la moindre fuite d'eau ne pouvant y rester inaperçue. Pour obtenir un avantage analogue à l'égard des soupapes, j'ai adapté contre l'un des tuyaux d'aspiration A, une tubulure recourbée W, munie d'une petite soupape chargée d'un poids (une atmosphère au plus), absolument comme pour les soupapes de sûreté des machines à vapeur. Dès que, par suite d'usement ou par l'interposition du moindre corps étranger, la soupape inférieure S ne clot plus bien, la tubulure W fonctionne, et l'eau s'en échappe avec force au moment de l'ascension du piston, c'est-à-dire sous la pression de toute la colonne montante. Pour vérifier l'état de la soupape supérieure on se sert des tubes u, u_1, c'est-à-dire qu'après avoir arrêté la machine on ouvre la communication entre le dessous de la soupape et l'aspirateur; s'il y a perte, elle se manifestera à l'orifice de la petite tubulure W. Ces épreuves, qui font de nouveau ressortir l'utilité du clapet inférieur, supposent que ce dernier ferme hermétiquement; c'est ce dont on peut au surplus s'assurer facilement.

Ces moyens de vérification étant impuissans pour apprécier les pertes d'eau qui sont la conséquence d'une trop grande lenteur dans le jeu des soupapes, j'ai cherché à m'en rendre compte par une expérience directe. Après m'être assuré que toutes choses étaient en bon état dans la pompe, et que surtout il n'y entrait pas d'autre air que celui dégagé de l'eau elle-même, j'ai mesuré, en la faisant tomber dans un espace de capacité connue, l'eau élevée pendant un temps donné jusqu'à la galerie d'écoulement; d'un autre côté, j'ai constaté le chemin parcouru, puis calculé le solide engendré par le piston dans le même temps. Le rapprochement de ces deux observations a fait voir que pour notre pompe l'effet théorique ne surpassait que de $\frac{1}{30}$ le produit obtenu.

Ce résultat satisfaisant ne provient pas seulement de la bonté du système des soupapes à mouvement vertical, je crois qu'on doit l'attribuer aussi au mode d'action de la puissance, tel que le régulateur de la machine l'établit; on doit se rappeler en effet que le mouvement du piston commence et finit avec une vitesse nulle, qui s'accroît ou décroît ensuite par degrés insensibles; cette loi devient sans aucun doute commune aux soupapes qui ne s'ouvrent et ne se ferment que par degrés et sans faire entendre le moindre bruit. Ainsi, au moment où le piston de la pompe arrive au haut de sa course, la soupape supérieure est si près de son lit de pose qu'elle doit se fermer aussitôt que le mouvement s'arrête définitivement, et empêcher d'une manière presque absolue toute retombée d'eau.

Au surplus, dans toute cette partie de notre appareil on remarque le même moelleux dans les

L'air aspiré trouble le jeu de la machine.

mouvemens, la même absence totale d'ébranlement que dans la machine motrice. Cependant il est un cas accidentel où cette tranquillité est sérieusement troublée, et qui tend à confirmer tout ce que j'ai dit sur les excellens effets d'une régulation lente et graduée, c'est celui où par une cause quelconque la pompe aspire une certaine quantité d'air, qui, allant naturellement se loger dans le haut de la chapelle sous la soupape supérieure, forme une solution de continuité dans la masse liquide à mouvoir. Quand ensuite le piston reprend sa course ascensionnelle, il ne rencontre la résistance que lorsqu'il a déjà acquis une vitesse notable, et il ne peut par conséquent soulever la soupape et la colonne montante que d'une manière brusque et avec choc. Or telle est la solidarité, l'unité d'action dans toutes les parties de notre appareil d'épuisement, que la réaction de ce choc, quelque faible qu'il soit, se fait sentir jusqu'à la machine, jusqu'au régulateur lui-même, où le machiniste peut reconnaître l'épaisseur de la couche d'air qui s'est introduite dans la chapelle, ne fût-elle que de 4 à 5 centimètres.

Je ne prétends du reste préconiser d'une manière absolue les soupapes de notre pompe, ni pour leur forme conique, ni pour leur nature métallique; mais tout en reconnaissant qu'elles méritent quelques reproches, et que des systèmes meilleurs peuvent y être substitués (comme par exemple des soupapes planes à surface de battement plus petite), je dois dire cependant qu'on s'est en général exagéré l'inconvénient qu'elles présentent sous le rapport de la durée, dans leur application à l'épuisement des mines. Ainsi j'ai acquis la certitude qu'elles peuvent faire un très

bon usage lorsqu'on a pris les précautions nécessaires pour l'épuration des eaux à élever, et que le métal dont elles sont formées a une composition et une dureté convenables. Ainsi nous les avons vu résister pendant une année entière à un travail continu, tandis que d'autres ont été mises hors de service en huit jours sous l'action d'eaux vitrioliques et impures (1). Après tout on les répare facilement en les repassant au tour, et en les rôdant ensuite de nouveau.

Les garnitures en cuir du piston et de la boîte dans laquelle passe sa tige, durent six mois au plus, c'est-à-dire beaucoup moins dans l'eau acide que dans celle du jour. Toutefois il y a lieu de se féliciter encore d'un service aussi long, lorsqu'on considère que les cuirs de piston dans les anciennes pompes d'Huelgoat ne duraient moyennement

(1) Composition de l'alliage des soupapes et du corps de pompe ;

	1re SOUPAPE.	2e SOUPAPE.	CORPS de pompe.
Cuivre.	85	88	87
Zinc.	2	5	4
Étain.	11	6	8
Plomb.	2	1	1

Cet alliage, d'après la commande faite au fournisseur, aurait dû être composé comme suit : cuivre 89, étain 11, avec tolérance de 1 à 2 parties de zinc et plomb.

que 4 à 5 jours; or le nombre de ces dernières ayant été de 59, on voit que pour une garniture du nouveau système, fonctionnant sous 15 atmosphères de pression, on en consommait autrefois 2000, chargées de moins de 10 mètres d'eau.

L'entretien de 118 clapets vient encore augmenter cet immense avantage. On ne peut évidemment attribuer cette plus longue durée du cuir qu'à la perfection du cylindre et à l'action conservatrice du corps gras dont ce dernier est continuellement enduit.

CHAPITRE IIIe. — *Supports et pose de toutes les parties de l'appareil. Précautions et mesures diverses de sûreté et de conservation.*

Le seul inconvénient que l'on puisse avec quelque raison reprocher au système de machines qui fait l'objet de ce mémoire, c'est la nécessité de suspendre dans le vide du puits l'appareil moteur lui-même, et par conséquent la difficulté de l'asseoir sur des supports invariables. Pont de la machine motrice.

Il est toujours possible, sans doute, d'assurer une résistance convenable aux matériaux qui doivent composer ces supports, mais il n'en est pas de même à l'égard des points d'appui définitifs qu'il faut prendre dans les parois du puits, et quelquefois on trouvera un obstacle insurmontable dans la nature ébouleuse de ces dernières.

C'est ainsi qu'à Huelgoat il a fallu renoncer à l'avantage de placer le nouvel appareil d'épuisement dans un puits très convenable par sa position centrale, relativement aux travaux actuels d'ex-

ploitation. La même difficulté s'est présentée encore dans le puits définitivement choisi pour la machine; on a vu plus haut, quand il s'est agi du balancier, qu'il a fallu abandonner un point fixé par les conditions de la question pour en choisir un autre qui offrît plus de garanties de solidité.

Points d'appui du pont. Culées.

La roche qui avoisine ce point est un poudingue très ferme et sans apparence de strates; on y remarque seulement quelques veines ou fissures verticales parallèles au grand côté du puits, ou perpendiculaires à l'axe du pont projeté.

Cette circonstance m'a déterminé à ne pas appuyer ce pont directement sur le rocher; j'ai craint que de telles culées ne finissent par céder sous l'énorme pression et même sous les chocs qu'elles auraient à supporter, et je me suis décidé à les remplacer par d'autres en maçonnerie de pierre de taille reposant sur deux grandes voûtes, et à reporter ainsi tout l'effort des machines dans les quatre angles du puits, c'est-à-dire vers des points indéfiniment résistans et inébranlables. On voit ces dispositions sur la *Pl. IV*, *fig.* 1, 2 et 3.

Ces voûtes α, ainsi que la maçonnerie à grand appareil qui les couronne, et qui sert en quelque sorte de matelas entre elles et le foyer du mouvement, sont établies sur les grands côtés du puits et enfoncées en arrière du boisage inférieur, formé de forts cadres en bois très rapprochés, garnis de madriers à la manière ordinaire.

Pour compléter le soutènement si important de cette partie du puits, on en a revêtu les deux petits côtés avec d'autres murs β', soutenus par des voûtes β placées au-dessous des deux principales.

Ces culées artificielles α, α, sont couronnées par

deux assises de pierres de fort échantillon (un mètre de hauteur sur un mètre de lit), qui présentent les plans de coussinets, inclinés à 45 degrés, sur lesquels s'appuie le pont.

Ce pont est en fonte de fer; les parties principales qui le composent sont : (voyez *Pl. VI*, et *Pl. IV*, *fig.* 1, 2 et 3.) **Pont en fonte.**

1° Les plateaux $\gamma\gamma$ s'appliquant sur la maçonnerie;

2° Les arceaux ou flasques θ;

3° Les contre-fiches μ ν.

Les plateaux, qui ont pour objet de répartir l'effort sur la plus grande masse de maçonnerie possible, sont d'une seule pièce. Ils présentent en dessus deux larges rainures à queue d'hironde γ_2, réunies par trois nervures γ_1, et destinées à recevoir les pieds des flasques. Au revers, ils portent trois bandes longitudinales $\delta\delta$ (ponctuées sur le rabattement qu'offre la *fig.* 2, et paraissant par leur bout sur la projection verticale *c fig.* 1), qui, cependant, sont interrompues en deux endroits $\delta_1\delta_2$, pour fournir passage à des pièces en fer forgé $\omega\,\omega_1\,\omega_2$ indépendantes du plateau, et dont l'utilité sera indiquée plus loin à l'article *contre-fiches*.

Ces bandes ont été ménagées dans le but de faciliter l'ajustement et la portée des plateaux sur les pierres de coussinet; on sait en effet combien il est difficile de dresser assez bien deux grandes surfaces planes, pour qu'elles s'appliquent l'une sur l'autre sans porte-à-faux. En outre, pour rendre le contact plus complet encore, on a rempli tous les espaces vides entre les deux surfaces avec du mastic d'Accum fortement comprimé. Enfin chaque plateau est cloué sur la pierre de taille au moyen de huit ancres ou goujons à écrou

que laisse voir la projection horizontale *fig.* 4. Ces ancres sont scellées par leur extrémité avec du plomb. Ceux de la rangée supérieure pénètrent jusque dans le poudingue, contre lequel la culée est adossée.

Les flasques se composent chacune d'une forte plaque (de $0^m,06$ d'épaisseur) bordée tout autour d'une double nervure de renfort; cette nervure, qui est plus large dans les deux bouts pour servir de pied à la flasque, est taillée en queue d'hironde, et va se loger dans les rainures de même forme ménagées sur chaque plateau, sans toutefois les remplir entièrement : il reste des vides dans lesquels on chasse ensuite de longs coins en fer, qui établissent un premier moyen de réunion entre les plateaux et les extrémités des flasques. Cet assemblage est complété et rendu absolument invariable au moyen des boulons à écrous *r*, qui traversent les uns et les autres : les têtes de ces boulons sont placées au revers des plateaux, et des trous ont été faits dans la pierre, afin de pouvoir, après en avoir enlevé les écrous, les y plonger; précaution indispensable s'il s'agissait jamais de démonter le pont : c'est pour faciliter cette manœuvre que l'extrémité filetée de ces boulons est munie d'un piton.

Les arceaux ainsi placés sont reliés dans leur milieu par deux brides ou traverses en fer forgé $\lambda\lambda'$, placées l'une en haut, l'autre en bas, et qui portent à chaque bout une palette percée de deux trous. De grands boulons à écrous enfilent ensuite ces trous, ainsi que d'autres pratiqués dans les bases des cylindres Y et dans les nervures supérieures et inférieures des arceaux, un peu renflées à cet effet. L'objet de ces brides est de rendre so-

lidaires les deux élémens principaux du pont, et, par conséquent, d'assurer à celui-ci une plus grande rigidité dans le sens transversal.

Le genre de construction que je viens de décrire place évidemment les arceaux dans la position de pièces encastrées par les deux extrémités, et multiplie par conséquent leur résistance relative; aussi le calcul assigne-t-il au pont une force suffisante pour supporter la charge qui lui est imposée. Cependant comme il peut survenir des cas, en dehors de toute prévision, où une force vive plus ou moins considérable viendrait ajouter son action à celle de la simple pression hydrostatique qui a servi de base à mes calculs, j'ai cru devoir renforcer encore le système par l'addition de contre-fiches qui arc-boutent les flasques par leur milieu.

Ces contre-fiches consistent en deux cadres $\mu\nu$ fondus d'une seule pièce, qui, placés transversalement sous les flasques du pont, se joignent par leurs côtés supérieurs, et s'appuient l'un contre l'autre selon le plan ε; on les maintient ensemble au moyen de deux sergens en fer plat, à talons, posés par-dessus dans l'aplomb des flasques. Le côté inférieur μ de ces cadres est cylindrique et s'emboite dans les sabots ω, des deux étriers plats en fer forgé $\omega\omega$, qui, appliqués d'abord contre la partie verticale du mur de culée, passent sous le plateau correspondant, et s'accrochent contre le bord supérieur de ce dernier au moyen des têtes à double talon ω. Le système entier est ensuite fortement coincé sous chaque flasque du pont, au moyen de deux coins de fer opposés qui glissent l'un sur l'autre entre le sergent à talons posé à cheval sur les deux têtes des cadres et la palette Contre-fiches.

de la traverse, qui relie inférieurement les deux arceaux entre eux.

Les plateaux de base des cylindres sont fixés sur le pont chacun au moyen de quatre boulons, deux grands, ζ, déjà cités, et deux petits, ζ', qui traversent des renflemens correspondans ménagés dans les nervures supérieures des flasques. Toutefois ces plateaux ne posent pas immédiatement sur ces dernières, mais bien sur des traverses en fer ρρ interposées, qui offrent à leurs extrémités des rainures dans lesquelles glissent des coins ou cales. C'est à l'aide de ces dernières qu'on établit de niveau les bases des cylindres qui, en définitive, ne sont posés que sur quatre points. Il est bien entendu qu'on ne serre les écrous des boulons d'attache ζζ' que lorsque ce calage ne laisse plus rien à désirer.

Le pont, construit comme je viens de l'indiquer en détail, offre une solidité et une fixité parfaites; non-seulement on n'y aperçoit aucun mouvement, mais la main n'y peut même découvrir le moindre *frémissement* au moment où les pistons PP reçoivent l'impulsion de l'eau motrice.

Supports des pompes.

Des résultats aussi satisfaisans ne m'ont cependant pas déterminé à employer un pont semblable pour supporter les pompes au fond du puits; il m'a paru que l'importance d'une invariabilité absolue n'était pas la même dans cette partie de l'appareil, sujette d'ailleurs à des déplacemens répétés par suite de l'approfondissement des travaux; déplacemens qui, ne pouvant être que successifs pour les deux pompes, exigeaient l'emploi simultané de deux ponts placés l'un au point de départ, l'autre à celui de la nouvelle installation.

J'ai donné ici la préférence à un système plus

économique consistant en une charpente consolidée par des armatures en fer, qui, à l'usage, s'est trouvé parfaitement résistant, et dont la durée doit être grande aussi, parce que le bois, mouillé sans cesse par les filtrations dans cette région du puits, n'est pas exposé à se pourrir comme il le serait dans la région supérieure.

L'appareil des pompes exige à la fois deux supports différens; il en faut un pour les deux corps de pompes, et un second pour les chapelles des soupapes.

Les premiers sont supportés par deux estempes E, formées chacune de deux pièces de bois de chêne de choix, équarries, dressées sur toutes les faces et réunies l'une à l'autre par des clefs transversales à double queue d'hironde. Elles portent d'un bout sur le rocher, où leur place a été taillée et dressée à la pointe; mais, du côté opposé, la paroi du puits n'offrant pas à beaucoup près la solidité désirable, on a eu recours à l'emploi d'un grand plateau de fonte M, ayant sur une de ses faces des côtes ou nervures qui forment deux espèces d'encadremens pour recevoir les extrémités des estempes. Ce plateau est traversé par quatre boulons à écrous ou ancres, solidement scellés dans le rocher, qui le fixent sur un plan de pose, dressé aussi bien que possible, et sur lequel on a appliqué un enduit de ciment romain.

Sur ces estempes sont fixés deux plateaux rectangulaires, ou lunettes en fonte de fer *a a*, évidés circulairement à leur milieu. L'ouverture ronde qu'ils présentent a un diamètre un peu plus grand que celui de l'intérieur des pompes, et se trouve renforcé par une nervure ou saillie cylindrique *a*, munie extérieurement de huit dés *a''*. C'est dans

cette saillie et sur ces dés que l'extrémité inférieure de la pompe est emboîtée et boulonnée. Quatre boulons traversent ces plateaux et les fixent sur les estempes ; celles-ci sont consolidées en dessous par deux pièces de renfort, à nervure, en fonte, contre lesquelles les écrous des boulons prennent leur appui.

Les supports de la chapelle E sont construits de la même manière que les deux précédens; seulement en raison de la charge plus grande qu'ils ont à supporter, on leur a donné des dimensions plus fortes en hauteur et en épaisseur. Situés d'ailleurs à peu de distance au-dessus des pompes, ils se sont trouvés dans les mêmes circonstances par rapport au rocher du puits; de là l'obligation de les appuyer aussi par une de leurs extrémités sur des plaques en fonte. Ces nouvelles estempes sont garnies en dessus de deux plateaux juxtà-posés *b b* à peu près pareils à ceux *a a* de la pompe, ayant chacun une ouverture médiane circulaire, dans laquelle passe librement la partie inférieure conique de la chapelle. En dessous elles sont armées d'une pièce de renfort, à nervure également en fonte (représentée à part sous trois aspects par les *fig.* 11, 12, 13) : de forts boulons réunissent ces diverses pièces entre elles.

Armatures et chaînes de fer consolidant les supports des pompes.

Dominé par plusieurs circonstances qui se rapportent soit à l'extrême exiguité de l'espace disponible pour la manœuvre, soit aux sujétions réciproques entre les différentes parties des pompes et de leurs accessoires, je n'ai pas pu donner aux estempes des dimensions proportionnées à leur longueur et à l'effort qu'elles étaient destinées à supporter. J'ai dû suppléer dès lors à l'insuffisance de résistance de ces pièces par une disposition qui

en diminuât la portée, sans pour cela recourir à des moyens encombrans.

Cette double condition m'a paru devoir être complétement satisfaite par un système de chaînes de suspension qui, prenant leur point d'appui supérieur dans le rocher, viendraient saisir les estempes par leur milieu.

Ces chaînes sont au nombre de six, savoir : quatre *mn* pour les supports de la chapelle, et deux $m_1 n_1$ pour l'estempe antérieure des pompes; l'estempe postérieure étant soutenue par la bride verticale *t*.

Chacune de ces chaînes *mn* est formée de trois parties principales; la première est une tringle carrée, terminée à son extrémité supérieure par un œillet alongé *n'*, et en bas par un œillet circulaire qui lui sert de moyen d'accrochage contre l'extrémité d'un essieu en fer *ee'*, placé transversalement sous les deux estempes, et qui s'emboîte dans les emplacemens demi-circulaires *f* des plaques de renfort inférieures (*fig.* 11, 12, 13).

Les deux autres pièces de la même chaîne sont deux mailles longues *mm'* accouplées (*fig.* 2, 4), qui embrassent en haut la tête circulaire *x* d'une ancre (espèce de piton) contre laquelle on les fixe au moyen d'un boulon à clavette, et en bas les deux joues de l'œillet alongé qui termine la branche simple. Le moyen de réunion entre ces trois pièces consiste en deux cales demi-cylindriques à talons, entre lesquelles glissent deux coins opposés *y*. Ces coins offrent le moyen de donner à toutes ces chaînes le degré de tension convenable, et qu'on essaie de rendre aussi uniforme que possible, pour la plus exacte répartition de l'effort total auquel elles doivent résister.

Les ancres dont les tiges carrées ont été taillées à redans, sont scellées dans le rocher avec de bon mortier hydraulique, et enfoncées à grands coups de mouton donnés sur le talon x. Enfin, elles sont serrées fortement à l'orifice des trous avec des coins en acier, que l'on cassait dès qu'ils refusaient d'entrer.

Les chaînes inférieures $m_1 n_1$ ne diffèrent des précédentes que par la grosseur du fer dont elles sont composées, et par la forme de l'extrémité inférieure n, qui est ici un œillet double placé à cheval sur la tête aplatie du piton d'attache d,(*fig.* 2.) Un boulon à clavette traverse à la fois les deux joues de l'œillet et la tête du piton, qui à son tour traverse l'estempe antérieure E des pompes, et se trouve arrêté en dessous par un écrou K. L'estempe postérieure des pompes est soutenue au moyen d'un tirant vertical qui s'accroche en haut sur le bout de l'essieu e, et à sa partie inférieure, terminée par un œillet double, contre la tête d'un piton d' (*fig.* 4) qui traverse l'estempe ainsi que la plaque de renfort Q ; un écrou K sert à tendre ce tirant de suspension.

Pose des diverses parties de la machine.

Je vais m'occuper maintenant de la pose des divers élémens de la machine. Cette partie de notre travail a été constamment hérissée des plus grandes difficultés, qui, je dois le dire ici, n'ont pu être vaincues qu'à force de persévérance, de travail moral et matériel, de temps et de dépense. On ne s'en fera qu'une faible idée en considérant que c'est dans un espace de $2^m,00$ sur $2^m,70$, occupé encore en partie par un attirail en activité appartenant à l'une des vieilles machines, dans un milieu obscur et le plus souvent traversé par une abondante pluie, qu'il a fallu manier des masse

considérables, les ordonner avec précision, leur procurer des supports, tout en songeant sans cesse au salut des hommes et des choses, ainsi qu'à l'avenir, c'est-à-dire aux moyens de changer les pièces que l'usage pourrait un jour détériorer, etc. Il est vrai que dans la partie supérieure du puits, dans la chambre de la machine, on a pu s'étendre un peu; mais là les masses à réunir étaient plus considérables, et la condition d'une absolue précision plus impérieuse aussi. En résumé, j'engage ceux qui pourront être chargés de constructions analogues, à multiplier par un coefficient considérable les évaluations de temps et de dépenses qui seraient calculées sur des données empruntées à des travaux faits au jour.

Puisqu'il vient d'être question tout à l'heure des pompes, je vais commencer par elles cette partie de ma description.

Pose des pompes.

Les corps de pompes sont posés à sec sur les plateaux qui recouvrent les estempes inférieures, et s'y emboîtent par la saillie c', *fig.* 1, qui dépasse l'oreille I; celle-ci porte sur les huit dés a'', et est fixée sur chacun par un boulon.

On voit au-dessus des pompes deux estempes Y arc-boutées vers en haut par des contre-fiches, dont les extrémités supérieures sont engagées dans le rocher. Deux montans ou étais en fonte J, s'appuyant en bas sur l'oreille de la boîte à cuir, sont coincés en haut contre les estempes Y, dans l'épaisseur desquelles on a noyé, à l'aplomb des étais, des platines de fer, pour les garantir des déchiremens que pourrait occasioner le coinçage, et en même temps pour faciliter cette opération. Ces étais ont évidemment pour objet de s'opposer à la tendance qu'a la pompe de se soulever sous l'effort de la

puissance, et ils complètent ainsi le système de supports à chaînes décrit ci-dessus, dont la rigidité ne laisse rien à désirer.

Les chapelles se posent ensuite sur leurs plateaux respectifs ; ceux-ci présentent autour de leur ouverture centrale une saillie cylindrique b', appuyée en dehors par huit dés b'', qui ont à leur face supérieure une rainure dans laquelle glisse un coin de fer *i*. L'oreille inférieure O de la chapelle vient porter sur ces coins ou cales qui servent à la placer de niveau et à la faire monter ou descendre à volonté, jusqu'à ce que sa tubulure corresponde exactement à celle de la pompe.

Joints imperméables.

La pose des autres pièces n'a besoin d'aucune explication et se devine à la simple inspection des figures. Il s'agit seulement de décrire les moyens employés pour rendre imperméables les joints entre des pièces contiguës. Tous ces joints se font à l'aide de boulons à écrous; mais quant aux matelas imperméables qu'on y interpose, on peut les diviser en quatre catégories.

1° Lorsqu'il y a emboîtement d'une pièce dans l'autre, comme c'est le cas de la boîte à cuir sur le cylindre, de la tubulure de ce dernier contre celle de la chapelle, etc.;

2° Quand les surfaces à réunir sont planes; c'est le cas des tuyaux d'aspiration A et de tous les joints des colonnes montantes et de chute;

3° Quand le joint doit être mobile, comme on le voit en *v* au-dessus de la chapelle;

4° Lorsqu'enfin il s'agit de petites pièces qu'il faut souvent démonter, comme les tubes et robinets u_1 u_2 u_3, les tubes du régulateur, etc.

Dans les deux premiers cas, on se sert d'un mastic gras fait avec de la chaux vive en poudre

fine, de l'huile de lin fortement lithargirée et du chanvre haché par bouts de 3 ou 4 centimètres; ce mélange est rendu aussi intime que possible par un battage long-temps continué, sa consistance finale doit être celle d'une pâte dans laquelle on peut à peine faire entrer le bout du doigt. En y incorporant un peu de minium, il acquiert la propriété de durcir plus vite, ce qui, dans certains cas, peut présenter de l'avantage.

Lorsqu'il s'agit de faire un joint de la première espèce, par exemple, celui de la boîte à cuir sur le cylindre, on pose sur le bord supérieur de ce dernier une tresse plate en chanvre, circulaire, aussi large que possible, et d'environ $0^m,015$ d'épaisseur uniforme, préalablement imbibée d'huile siccative et couverte sur ses deux faces d'une couche de mastic; on loge aussi un peu de cette matière dans l'angle rentrant sous le plateau de la boîte à cuir; puis après avoir réuni les deux pièces, on les serre à refus au moyen des boulons qui traversent les deux brides, en regard l'une de l'autre.

La boîte de la soupape inférieure se pose de la même manière sur le fond de la chapelle; seulement, comme il n'y a pas ici de boulons, on opère une compression momentanée avec une forte vis d'emprunt qui appuie sur son milieu, et qu'on enlève dès qu'on a enfoncé dans son pourtour les trois coins de serrage dont il a été parlé plus haut.

La boîte de la soupape inférieure est garnie de deux tresses, l'une au-dessus, l'autre au-dessous du bord *s*, qui est pincé entre les deux parties de la chapelle.

Un joint de la seconde espèce est représenté dans la *fig.* 16. On dispose à l'avance un manchon

cylindrique de cuivre rouge, *fig.* 17, 18, offrant en dehors et vers son milieu une côte ou saillie circulaire d'environ $0^m,02$, obtenue par la retreinte du métal sous le marteau d'un chaudronnier. On entoure ce manchon d'une légère couche de filasse huilée, puis on loge, dans les angles rentrans *k* formés des deux côtés de la saillie, des bourrelets de mastic qu'on relève vers les bords du manchon, on recouvre le tout d'une nouvelle couche de filasse. Le manchon ainsi garni est ensuite enfoncé successivement dans les deux tuyaux qu'il s'agit de réunir; le serrage des huit boulons complète l'opération qui se fait du reste avec beaucoup de promptitude, et n'exige d'autre soin que celui de bien dessécher les oreilles des tuyaux avec de la chaux vive et de les enduire ensuite avec de l'huile pour y faire adhérer le mastic.

Les joints faits comme il vient d'être dit, mais surtout ceux de la première espèce, avec la tresse, sont excellens. Nous en avons 300 dans nos deux machines, et pas un seul n'a laissé suinter une goutte d'eau lorsqu'ils ont été mis à l'épreuve du travail ordinaire. Ils possèdent l'avantage précieux de résister, même tout frais, à des pressions hydrauliques considérables, à 50, 60, jusqu'à 100 atmosphères; la résistance est indéfinie lorsque le mastic a eu le temps de durcir. Aussi ne saurais-je trop recommander l'emploi de ces moyens, et surtout le mastic qui en fait la base, à tous les constructeurs d'appareils hydrauliques à haute pression.

Les joints des 3e et 4e catégories se font avec du cuir : dans le premier cas, cette matière est façonnée en chapeau ambouti, ainsi que j'ai eu l'occasion de le dire plus haut à propos de la pièce

L'; dans le second cas, le cuir est coupé par rondelles que l'on place au nombre de deux ou trois entre les surfaces dont il s'agit de clore la jonction, et on les fait traverser par les boulons de serrage.

Supports et pose de la colonne montante.

La pose de la colonne montante n'offre aucune particularité bien remarquable. Je dirai seulement que les tuyaux sont supportés de distance en distance par un système de charpente (*Pl. IV*, *fig.* 1, 3) composé de deux pièces ou estempes en bois dont les extrémités sont, comme à l'ordinaire, encastrées dans le rocher, et de quatre petites traverses entaillées sur ces pièces et embrassant les deux tuyaux correspondans, dont elles soutiennent les oreilles; des taquets appuient ces traverses en dehors et les empêchent de s'éloigner des tuyaux. Les distances entre les divers supports de la colonne ne sont pas égales, car le choix de leur emplacement n'a pas été libre à beaucoup près. Tantôt on a été contrarié par les nombreuses galeries qui aboutissent dans le puits, ou par la nature peu solide du rocher, tantôt par le boisage du puits ou la présence de la vieille machine. D'autres fois enfin, on a trouvé des obstacles dans la position peu favorable des oreilles des tuyaux, ou dans la nécessité de poser au même lieu d'autres estempes relatives aux attirails, ainsi qu'on le verra plus loin. En résumé, les colonnes sont soutenues 18 fois sur une hauteur de 170 mètres; mais elles ne s'appuient nulle part sur les cadres du puits, et se trouvent, par conséquent, indépendantes des tassemens auxquels ces derniers sont exposés.

Montage des attirails.

Le montage des attirails ne comporte pas de description détaillée; chacun peut se faire une idée de cette opération qui n'a présenté que les

difficultés de localité mentionnées plus haut. Le soin principal qui a dû y présider a été de placer les tirans et les chaînes dans une position verticale, et d'assurer le maintien de cette verticalité au moyen d'un certain nombre de prisons ou de guides distribués dans la hauteur du puits et dans lesquels les maîtresses tiges passent à frottemens doux.

On voit, dans la boucle d'attache inférieure de la chaîne (*fig.* 2), une pièce *h h'* qui y fait fonction de clavette dormante à talons : on l'a prolongée des deux côtés du joint pour servir en même temps de traverse supérieure à un étrier qui, descendant le long du corps de pompe, recevra, au milieu de sa traverse inférieure, la tige d'une pompe additionnelle nécessaire pour l'approfondissement ultérieur du puits. Cette observation a été omise plus haut dans la description particulière de l'attirail.

Montage de la machine motrice.

Lorsqu'il a été question du pont de support des machines, j'ai fait voir comment on a placé et assujetti dans une position horizontale les plateaux de base des grands cylindres ; c'est sur cette fondation unique et invariable que l'on a édifié tout l'appareil moteur. Ainsi les cylindres Y, emboîtés d'abord sur la saillie circulaire exactement tournée qui forme la partie centrale des plateaux, boulonnés ensuite sur ces derniers, après interposition d'une tresse de chanvre mastiquée, ont été placés dans une situation rigoureusement verticale. Après le durcissement des matelas, la tubulure T' de la pièce HH' a été emboîtée et boulonnée sur celle du cylindre qui sert alors de support au régulateur tout entier : on obtient la verticalité de ce dernier par un serrage convenable des bou-

lons du joint TT, garni aussi d'une tresse. Toutes les autres pièces se posent sans difficulté; les tuyaux ou joints mobiles O_1 S_1 facilitent le raccordement des machines avec leurs colonnes de chute et de balancier.

Les quatre lignes de tuyaux qui se trouvent à deux étages différens dans la grande galerie de communication entre le puits principal et celui de chute sont posées sur des estempes transversales; ensuite elles sont arc-boutées par quelques oreilles contre le plafond et le sol de la galerie, au moyen d'étais inclinés qui ont pour objet de s'opposer à l'effort de réaction qui tend à faire reculer ces tuyaux et à les éloigner des machines. Les joints mobiles O_1 S_1 doivent incessamment compenser les plus petites flexions dans ce sens, et détourner du régulateur tout tiraillement fâcheux.

Les coudes au bas du puits de chute sont soutenus par une charpente composée d'estempes transversales et d'arc-boutans dirigés en deux sens différens vers la paroi postérieure du puits, c'est-à-dire de la manière la plus rationnelle pour résister à la tendance au recul de cette partie des colonnes. Plus haut, ces dernières, devenues verticales, sont supportées absolument comme les tuyaux montans des pompes, ainsi qu'on le voit *Pl. II*, *fig.* 1. Le nombre des supports pour la colonne entière, qui a 74 mètres de hauteur, est de 10. Enfin, dans la partie supérieure, où les deux lignes de tuyaux sont de nouveau horizontales, on n'a eu besoin pour les soutenir que de simples chantiers en bois placés sur le sol de la galerie-aqueduc.

Dans toutes ces conduites d'eau, les joints ont

été faits avec des manchons de cuivre et de mastic gras, ainsi qu'il a été dit plus haut.

Descente des machines et des matériaux.

Pour rendre facile et sûre la descente des diverses parties des machines, comme aussi des matériaux de toute espèce qui ont servi à leur établissement, j'avais fait construire à l'orifice du puits principal un engin puissant et solide, consistant en un treuil à frein vertical mu par des chevaux, et en une charpente de support pour la poulie ou molette de renvoi placée au-dessus de l'orifice du puits, le tout convenablement et réciproquement arc-bouté.

Les diamètres du manége, du tambour et de la roue à frein étaient respectivement de 12 mèt., $1^{m},30$, 3 mèt.; cette dernière pouvait être serrée par deux longues mâchoires horizontales et une combinaison de leviers, dont le dernier était sous la main du toucheur, avec une énergie supérieure à l'effort de quatre chevaux. Aussi la descente de presque tous les objets s'est-elle effectuée avec une grande facilité par la seule action modératrice de ce frein. On n'attelait les chevaux que pour relever le câble, ou dans le cas où il fallait donner au mouvement plus de précision ou des directions plusieurs fois opposées, par exemple, au moment de la pose des pièces. Le câble était simple pour les manœuvres ordinaires et avait $0^{m},07$ de diamètre; on l'a doublé lorsqu'il s'est agi de descendre les grands cylindres dont le poids s'élevait à 6.500 kilogr., compris les amarrages, etc.; ce doublement s'est fait au moyen d'une mouffle simple, c'est-à-dire que le cordage, après avoir passé sur la molette ordinaire, se repliait sous une poulie mobile à chappe, fixée sur le cylindre, et venait se rattacher à la charpente qui

recouvre l'orifice du puits : on a donné à la seconde poulie un diamètre un peu grand (0m,80), pour tenir écartées l'une de l'autre les deux branches du câble, qui ont une tendance continuelle à se commettre ensemble et à faire tourner le fardeau sur lui-même. Pour le montage des colonnes du puits de chute, le câble a été replié vers ce dernier dans la galerie supérieure A_1, au moyen de deux poulies de renvoi.

Précautions diverses.

Le moment est venu maintenant de parler de divers objets accessoires plus ou moins importans que j'avais cru devoir écarter, comme digression inopportune, de la description précédente, qui, pour plus de clarté, ne devait comprendre que les parties essentielles des machines. Ces objets sont tellement dissemblables entre eux qu'ils ne sont susceptibles d'aucun classement méthodique; je vais donc les présenter dans l'ordre qui me paraîtra le plus propre à éviter les redites.

Epreuve des tuyaux.

On sait que les tuyaux de fonte de fer, fabriqués dans les meilleures fonderies, contiennent souvent des défauts cachés qui en atténuent considérablement la résistance, ou donnent lieu à des fuites d'eau sous des pressions plus ou moins considérables; il m'a donc paru nécessaire de soumettre tous les tuyaux destinés pour nos machines à un examen préalable rigoureux et à des épreuves proportionnées aux charges qu'ils étaient appelés à supporter.

Ces épreuves ont été faites, comme dans les chaudières des machines à vapeur, au moyen d'une presse hydraulique, munie d'une soupape indicatrice, chargée d'un poids que l'on faisait varier selon les dimensions et la destination de chaque tuyau. Ce poids a toujours correspondu au triple

de la pression habituellement supportée par ce dernier. La clôture des orifices a été obtenue avec des plateaux en fonte et un matelas en mastic gras avec tresse de chanvre, serrés par des boulons à écrous contre les oreilles de la pièce qui était posée près de terre dans une position presque horizontale. L'un des plateaux offrait deux ouvertures, l'une centrale pour recevoir le tuyau d'injection, l'autre, placée au point culminant, pour la sortie de l'air, et munie d'un bouchon creux à vis.

Ces essais ont fait reconnaître des défectuosités tellement nombreuses, qu'il eût fallu rejeter la moitié des tuyaux, s'il n'y avait pas eu moyen de remédier au mal. Les défauts, presque tous identiques, résultaient d'une trop grande porosité de la fonte en certains points, criblés alors d'ouvertures capillaires par lesquelles l'eau jaillissait en filets plus ou moins fins : quelquefois, quand le jaillissement était peu considérable, on parvenait à l'arrêter en mattant la partie défectueuse avec un marteau; mais le plus souvent ce moyen a été insuffisant.

Ayant pensé qu'en injectant dans ces nids poreux un liquide visqueux, inattaquable à l'eau et susceptible de se solidifier au bout d'un certain temps, on arrêterait les fuites, j'ai fait l'essai suivant qui a complétement réussi.

Un des tuyaux vicieux précédemment essayés avec de l'eau a été rempli d'huile de lin siccative, puis soumis de nouveau à l'action de la presse, alimentée elle-même avec de l'huile de lin ordinaire. Aucun suintement gras ne s'étant fait voir à la surface extérieure de la pièce, on a cessé l'épreuve. Le même tuyau repris au bout d'un

certain temps a été essayé de nouveau avec de l'eau; mais cette fois il est resté imperméable. J'ai remarqué de plus que l'huile siccative s'imprégnait un peu dans la fonte (qui était grise et d'une contexture généralement assez lâche), et laissait dans l'intérieur du cylindre un enduit ou vernis fortement adhérent, qui m'a paru très propre à les défendre contre l'oxidation.

D'après cette expérience décisive, j'ai fait presser à l'huile tous les tuyaux des deux machines, et *aucun* n'a plus laissé passer depuis une seule goutte d'eau. Il y a plus, ayant eu l'occasion de démonter un des tuyaux inférieurs de la colonne montante, je me suis assuré que le vernis appliqué dans son intérieur l'avait efficacement préservé de l'action des eaux acides avec lesquelles il avait été en contact pendant trois années. La dissolution a été insensible même auprès des orifices, en présence des manchons d'emboîtement en cuivre qui semblaient devoir former là un élément voltaïque. L'interposition du mastic gras serait-elle ici un *obstacle* au développement des courans électriques (1)?

Les tuyaux, comme toutes les autres pièces en fonte et en fer de la machine, ont été défendus en dehors contre la rouille au moyen d'une peinture de minium par couches répétées.

Les colonnes, généralement supportées par des

---

(1) Ces observations me paraissent devoir jeter quelque jour sur la solution de l'importante question des tuyaux de conduite de Grenoble; je suis porté à croire que des tubercules ferrugineux ne s'y formeraient pas si leur surface intérieure recevait une préparation semblable à celle qui a si bien réussi dans nos tuyaux.

estempes en bois encastrées dans le rocher, sont évidemment exposées à quelques tassemens. D'un autre côté, les colonnes de chute, conduisant des eaux dont la température peut varier depuis 0. jusqu'à 15° ou 20°, sont susceptibles d'éprouver dans leur longueur quelques légères variations.

Ces considérations, auxquelles se joint la nécessité de se ménager un moyen facile de changer un tuyau devenu défectueux, m'ont déterminé à intercaler dans les colonnes, tant montantes que de chute, un certain nombre de joints mobiles ou compensateurs absolument semblables à celui qui est dessiné en O_1S_1, *Pl. II*; on voit un de ces joints composé de deux pièces qui s'emboîtent l'une dans l'autre en O' (*Pl. IV*, *fig.* 1) à la colonne de chute. Sur 74 mètres de hauteur, cette dernière contient trois de ces joints; il y en a cinq dans les colonnes montantes sur 170 mètres de hauteur.

L'accident le plus grave auquel nos machines soient exposées dans le cours de leur travail, c'est sans contredit la rupture des attirails, et, il faut en convenir, la chose est possible, malgré les calculs de résistance qui ont fixé leurs dimensions, et les épreuves qu'on leur a fait subir au moment du montage.

En supposant le cas le plus défavorable, celui où la rupture a lieu au tirant supérieur, on voit que d'un côté le piston principal, détaché de la résistance et soumis à tout l'effort du moteur, montera dans le cylindre avec une accélération extrême, et pourra causer au terme de sa course des dommages considérables. D'un autre côté, l'attirail, abandonné à lui-même, ou plutôt à la gravité qui sollicite son énorme masse, retombera dans le puits, et tendra à y exercer des ravages

proportionnés à l'énorme force vive dont il sera animé. Des dispositions particulières ont été faites pour remédier au double inconvénient que je viens d'indiquer.

D'abord, quant au piston, j'ai renoncé à vouloir l'arrêter au haut de sa course par un obstacle invincible. Une interruption aussi brusque d'une colonne d'eau animée d'une très grande vitesse, devait avoir pour résultat inévitable une réaction énergique contre les parois du système et la rupture immédiate des pièces de moindre résistance, telles que les cylindres du régulateur. Il m'a paru préférable de laisser le piston s'élever librement au-dessus de l'orifice du cylindre, jusqu'au terme marqué par sa vitesse initiale, et encourir le faible inconvénient de jeter dans le fond des travaux le volume d'eau contenu dans l'appareil, soit 19 mètres cubes.

En conséquence, on a placé sur l'orifice du cylindre une espèce de cage composée de six montans en fer y, reliés entre eux vers le haut par un cercle du même métal y'. Cette cage a pour but de guider le piston dans son ascension accidentelle et dans son retour à sa position primitive. Elle est surmontée d'un système de charpente φ, qui est une dernière barrière opposée au mouvement désordonné du piston. Cette charpente sert encore de support à une grue en fonte nécessaire pour la pose et la réparation des différentes parties de la machine, et notamment du piston. D'un autre côté, pour éviter tout choc du manchon l contre la boîte de cuir sous la base du cylindre, on a alongé la tige du piston d'une quantité suffisante.

Mais ce n'était point assez : il fallait encore son-

ger à arrêter l'affluence de l'eau motrice dans la colonne de chute, et écarter le danger d'une inondation souterraine trop considérable. Les précautions suivantes ont été prises à cet effet.

L'orifice des tuyaux de chute dans le bassin supérieur a été muni d'un clapet *m*, tournant à charnière autour d'un axe horizontal qui porte un contre-poids m_1, à l'une de ses extrémités, et à l'autre un tirant aboutissant à un levier placé au-dessus du pont du bassin. Le surveillant, placé en cet endroit (où il est aussi préposé à l'épuration des eaux), a donc le moyen de fermer l'orifice de prise d'eau dès qu'un accident se manifeste; il peut disposer aussi du *robinet* adapté en *q*, au point culminant du siphon, pour le purger d'air au besoin, et quand le niveau de l'eau est assez élevé, il peut, dis-je, en ouvrant ce robinet, arrêter encore le jeu du siphon.

Il y avait possibilité, sans doute, de se rendre indépendant de la volonté d'un ouvrier pour manier ces deux instrumens de sûreté, en les faisant fonctionner par un renvoi de la machine, au moment même où le piston sort du cylindre; mais il en serait résulté une complication de mécanismes peu en rapport avec l'inconvénient auquel il s'agit de parer, et qui se réduit à faire tomber encore dans la mine toute l'eau contenue dans les deux tiers du bassin, soit 24 mètres cubes.

J'ai donc laissé les choses dans cet état, et je me suis contenté pour suppléer à l'inattention du surveillant, d'empêcher que la colonne ne fût alimentée par de nouvelle eau. Le moyen employé pour cela consiste simplement en un flotteur (non représenté au dessin) qui ferme le cla-

pet m, lorsque le niveau de l'eau est descendu à environ $0^m,90$ du fond du bassin.

L'eau, qui continue alors d'affluer, trouve une issue par un trop plein n habituellement ouvert, placé sur le côté de la galerie, et dont le fond est marqué au dessin par une ligne ponctuée. Ce trop plein, qui est appliqué dans sa partie verticale contre une des parois du puits de chute, se compose d'une suite de conduits en bois, rectangulaires, ayant dans œuvre 0,32 sur 0,22, qui sont assemblés en sifflet et soutenus par les supports des tuyaux de chute. Il devient rond en n_1, pour s'adapter contre un tuyau coudé en fonte n_2, qui change la direction de l'eau, et la jette par l'embouchure n_3 dans la galerie d'écoulement.

Si ce trop plein devait devenir insuffisant ou s'obstruer, l'eau finirait par passer par-dessus le barrage en maçonnerie O_4, construit en aval du bassin supérieur, et se précipiterait dans le puits de chute, et par conséquent, dans les travaux souterrains, puisque la machine est placée en dessous de la galerie d'écoulement. Un inconvénient aussi grave ne pouvait pas rester sans remède; aussi ai-je songé à établir à la hauteur du plafond de cette galerie un toit incliné f, formé de forts madriers en chêne, recouvert de plomb et un peu encastré dans le rocher d'alentour, où il est garni de ciment romain. On a eu soin d'y ménager un regard ou trappe d'une grandeur égale à celle de la plus forte des pièces de rechange que l'on pourrait avoir à descendre dans le puits. Ce toit arrêtera toutes les eaux qui, pour une cause quelconque, et notamment par la rupture d'un tuyau ou du trop plein, tomberont dans le puits de chute; il complète ainsi la série des mesures

de sûreté opposées à toute irruption soudaine de l'eau du jour dans les travaux souterrains.

On peut cependant objecter encore que les eaux rendues dans la galerie d'écoulement offrent toujours quelque danger de retour, soit par suite d'éboulis dans la partie d'aval, soit par tout autre obstacle qui entraverait leur cours. Quant aux éboulis, il y a été pourvu, ainsi qu'on le verra dans le chapitre suivant; pour les autres entraves, j'ai pensé qu'on obtiendrait un degré de sécurité suffisant en sacrifiant une partie de la chute pour élever à l'origine de la galerie un barrage S_4 en maçonnerie, de $0^m,80$ de hauteur, par-dessus lequel les pompes et les balanciers déchargent leurs eaux. Il ne tombe donc au fond du puits de chute que le produit des robinets q_1 q_2, lorsqu'on est obligé de vider la machine, ainsi que celui des sources du terrain lui-même; mais il existe au-dessous une grande fontaine N', construite en bonne maçonnerie imperméable, où les eaux se rassemblent pour être épuisées de loin en loin par une petite pompe, qu'on ne s'est même pas donné la peine de faire conduire par la machine.

Après avoir examiné les conséquences de la rupture de l'attirail en ce qui concerne l'échappement du piston principal, il me faut dire aussi ce que devient cet attirail qui tombe dans le puits, et comment on est parvenu à le retenir dans sa course, et à détruire, sans réaction nuisible à sa conservation, l'énorme force vive dont il est animé.

La maîtresse tige en bois, qui est ici prise pour exemple, était trop pesante (15.000 kil.) pour qu'on songeât à l'arrêter par un seul point; en

multipliant au contraire les moyens d'arrêt, on augmentait les chances d'un amortissement complet de la force vive, tout en éloignant celles du dommage auquel l'attirail est exposé dans une telle occurrence. Je me suis assuré que cinq points d'arrêt suffiraient, c'est-à-dire qu'il y avait possibilité d'amortir le choc de 3.000 kilogr. tombant de 2m,30 de hauteur.

Le choix du matelas élastique le plus propre à produire un tel effet, et le plus facilement applicable à notre cas particulier, a été pour moi l'objet d'essais nombreux et variés. J'ai successivement et inutilement mis en expérience des ressorts en acier de toute forme, des réservoirs d'air, de l'eau comprimée passant par un orifice de grandeur décroissante. Aucun de ces moyens n'a satisfait à la condition que je m'étais posée, d'obtenir l'entière destruction de la force vive dans un trajet pe 0m,20 à 0m,25 seulement. Cette condition était commandée par la longueur du corps de pompe et de la tige de son piston, sous peine de perdre ou de sacrifier une partie de la course. Un dernier essai, tenté en désespoir de cause, a été fort heureusement couronné de succès, et a donné lieu à la construction suivante :

Le tirant V (*Pl. IV*, *fig.* 5) est armé sur deux faces opposées de potences ou cruchots d'arrêt *a* ; ces cruchots sont formés de deux pièces principales : la première *b* est une platine droite sur le milieu de laquelle on a fait normalement un bras de fer *b'*, qui la traverse dans une mortaise et est rivée par derrière. La seconde pièce *c c'* est arquée et présente vers son milieu une mortaise dans laquelle le bras *b'* est emmanché et coincé. Ces deux pièces sont réunies entre elles et au tirant par

quatre boulons à écrous qui servent en même temps à deux cruchots.

D'un autre côté, à quelque distance au-dessous, on a posé transversalement et encastré dans le rocher deux fortes estempes *e e* : sur ces pièces fondamentales (qui servent pour les deux maîtresses tiges) on a placé d'abord deux traverses *t*, puis d'équerre par-dessus deux autres pièces *g*; puis encore deux nouvelles traverses de $0^m,01$ d'épaisseur fixées sur les deux précédentes, au moyen de quatre boulons *dd*, dont les têtes sont en dessous et noyées dans l'épaisseur du bois. Enfin on a posé sur ces dernières semelles, de chaque côté du tirant, une pile de 7 planches de sapin (de $0^m,03$ d'épaisseur) qu'enfilent aussi les boulons *dd*; ces piles sont bridées entre elles par quatre bandes de fer *q* que traversent huit goujons *h*; des coins cales en bois *r*, qui s'appuient sur ces derniers, achèvent de maintenir les planches. Deux saumons de plomb, posés librement en *p*, couronnent le système.

Lors donc que l'attirail tombe, le cruchot rencontre, et saisit d'abord les saumons, et aussitôt les piles élastiques de sapin fléchissent et viennent joindre les pièces *t'*; la résistance ayant alors augmenté, le cruchot continue son chemin à travers les planches; il les écrase, les broie jusqu'à ce qu'enfin il s'arrête sur les débris qu'il a faits, ayant toujours au-dessous de lui le plomb qui s'est plié en forme de V sans être coupé. En résultat, toute la force vive de l'attirail échappé s'use dans ce singulier trajet; car il est bien entendu que les choses sont disposées de manière que ceux des cruchots qui se trouvent au-dessous du point de rupture fonctionnent tous au même instant.

Diverses expériences directes faites au jour ont d'ailleurs montré que l'amplitude de la retombée n'a jamais été de plus de 0m,25.

Il est presque inutile de dire que la chétive dépense des planches brisées, dans un accident qui peut-être ne se présentera pas une fois en dix ans, disparaît à côté des avantages attachés à ce moyen si simple, si trivial, pour ainsi dire, et pourtant si efficace de maîtriser un effort qui était de nature à compromettre le salut de tout l'appareil.

Il me reste à parler encore d'une autre cause de détérioration qui, pour être moins violente que la précédente, n'en serait pas moins très active, si l'on n'y portait remède; c'est l'impureté des eaux, soit motrices, soit intérieures. Épuration des eaux intérieures

Ces dernières, qui sourdent sous les coups du mineur, et qui le plus souvent coulent ensuite sur le sol des galeries pour se rendre aux machines d'épuisement, charient toujours une grande quantité de fragmens pierreux, de sables ou de boues, de débris de bois, etc., qui, introduits dans les pompes, leur causent un grand dommage, et augmentent beaucoup les dépenses relatives à leur service. Il est donc essentiel, toutes les fois que la chose est possible, de faire des dispositions pour épurer les eaux avant de les admettre dans les appareils d'épuisement. C'est un soin que malheureusement on néglige trop souvent dans les mines.

Ces dispositions sont cependant en général bien simples; pour nos nouvelles machines elles consistent en:

1° Un premier bassin creusé dans le voisinage du puits, au sol de la galerie qui amène les

eaux vers la pompe. Ce bassin est divisé en trois compartimens séparés par deux cloisons, dont la première dépasse le niveau de l'eau sans aller jusqu'au fond; et la seconde est disposée d'une manière inverse. Dans les deux premiers compartimens s'arrête la plus grande partie des corps flottans (bois, paille, etc.) et les gros graviers; dans le second il ne passe que des parties plus ténues, analogues aux schlammes qui se déposent dans les labyrinthes de bocards;

2° Un second bassin déjà cité, placé dans le puits directement au-dessous du tuyau aspirateur, et formé par de forts madriers en chêne bien joints, contenus par des clefs ou cadres extérieurs. Il a dans œuvre 4 mètres de long sur 2 mètres de large, et 1^{m},50 de profondeur; on l'a divisé comme l'autre en trois compartimens inégaux, ainsi que le fait voir la *fig.* 1, *Pl. V*: la première cloison arrête le courant et le force à s'infléchir pour se rendre par le fond dans le second compartiment. Durant ce trajet, où l'eau n'a presque pas de vitesse, la plus grande partie des sables et schlammes achèvent de se déposer. Il ne reste plus qu'à se débarrasser des corps flottans d'une pesanteur spécifique peu différente de celle de l'eau : ceux-là sont arrêtés par deux cribles successifs en toile de laiton *gg'* adaptés au haut de la seconde cloison.

Les châssis de ces cribles sont en bois, et portent chacun, dans le bas, un petit tablier horizontal en retour, destiné à mieux retenir les corps flottans quand on veut retirer le châssis des rainures latérales dans lesquelles il glisse. Les cribles sont sur un double rang, afin de pouvoir les enlever et

les nettoyer à tour de rôle sans que l'ouverture, qui communique au compartiment de l'eau épurée, reste un seul instant dégarnie de son filtre. Enfin le bassin est recouvert partout de panneaux de planches bien jointes pour empêcher qu'aucun corps étranger, tombant d'en haut, ne puisse pénétrer dans son intérieur.

Flotteur à sonnettes dans le puisard.

Je dois ajouter ici qu'on a placé dans ce bassin un flotteur en liége, muni d'une tige verticale en fer qui traverse la couverture et se trouve guidée dehors par deux collets fixés sur un montant de bois. Ce flotteur, qui est destiné à faire connaître sans cesse, au moyen d'une échelle graduée et tracée sur le montant ci-dessus, l'état du niveau de l'eau dans l'intérieur du bassin, met en jeu une sonnette quand l'eau a baissé outre mesure; il donne ainsi un utile avertissement au machiniste chargé d'alimenter et de graisser la pompe. Celui-ci fait alors un signal à la machine motrice, pour qu'elle ait à ralentir sa marche et à la mettre en rapport avec les eaux affluentes; il fait un autre signal, quand au contraire la machine ne va pas assez vite. Ces communications se font au moyen d'une seconde sonnette.

Épuration des eaux motrices.

Les machines motrices demandaient, non moins impérieusement que les pompes, des eaux épurées; le canal extérieur ne charie pas, il est vrai, beaucoup de parties terreuses; mais comme il est presque entièrement situé dans une forêt, il rapporte continuellement une très grande quantité de feuilles ou d'autres débris végétaux dont il faut se débarrasser.

L'épuration des eaux motrices se fait de la même manière qu'au fond de la mine : elle commence dans un premier bassin situé au jour, à l'entrée

de la galerie-aqueduc, et elle s'achève dans le grand bassin intérieur de prise d'eau des tuyaux de chute. Celui-ci est divisé en deux compartimens inégaux, par une cloison en bois *j* qui règne sur toute sa profondeur, et qui est garnie dans le haut d'un double rang de cribles métalliques *jj'*, absolument pareils à ceux qui viennent d'être décrits. C'est contre ces cribles, qu'il faut enlever souvent, que se déposent les feuilles et autres corps flottans. Un ouvrier est préposé à cette opération, qui exige des soins continuels.

(La fin à la prochaine livraison.)

NOTICE

Sur le terrain crayeux du gouvernement de Simbirsk, en Russie;

Par M. JASIKOFF.

(Extrait des Annales des mines russes, par M. TEPLOFF, officier des mines de Russie.)

La partie du gouvernement de Simbirsk, située sur la droite du Wolga, renferme un terrain crayeux qui, occupant l'arrondissement de Syngileevsk et une grande partie de celui de Simbirsk, depuis la rivière Oussa jusqu'à la ville même de Simbirsk, forme la rive droite du Wolga et accompagne celles de la Selde et de l'Ourène. Il s'étend jusqu'à la rivière Soura et près du village Promsin, il en traverse le ravin et occupe au delà une petite partie de l'arrondissement d'Altyr. Ensuite, formant la rive droite de la rivière Soura, il s'étend par la partie N.-E. de l'arrondissement de Karsounne, en suivant le cours de plusieurs petites rivières; et dans sa partie sud il disparaît sous les terrains supérieurs; enfin, paraissant de nouveau dans quelques endroits de l'arrondissement de Cysran, il parvient jusqu'au gouvernement de Saratow.

D'après cet aperçu des limites et de l'étendue de ce terrain crayeux, on voit qu'il forme la continuation d'une zone énorme de craie qui occupe une partie notable des gouvernemens méridionaux de la Russie, et s'étend même jusqu'aux pieds

des Karpathes. De cette manière, la craie remplit ici le golfe le plus septentrional de ce vaste réservoir, qui formait autrefois partie d'une mer méditerranée, dans les limites de la Russie.

Les chaînes des montagnes de craie ont des pentes variées : l'une, ordinairement escarpée, formée de plusieurs étages qui se présentent sous la forme de degrés réguliers, ou comme des cônes tronqués, ou bien encore comme des collines entassées l'une sur l'autre; l'autre pente opposée à la première, s'inclinant au contraire d'une manière insensible, a presque toujours une surface unie, quelquefois coupée par des ravins et des vallons.

L'étendue du gouvernement de Simbirsk, occupée par la formation de la craie, est composée généralement d'une réunion de plateaux entourés de pentes escarpées et de pentes douces, séparés l'un de l'autre ou par des ravins ou par des vallées, et qui, étant couverts par une couche très épaisse de terre végétale, forment la partie la plus fertile de cette province. La hauteur des collines de craie est de 120 à 140 pieds, à partir du niveau des rivières et des ruisseaux qu'elles accompagnent.

Dans la partie sud du district de Karsounne, comme nous l'avons déjà remarqué, la formation crayeuse est entièrement recouverte par des couches de sédimens supérieurs, composées de sables et de grès; mais dans les districts de Simbirsk et Singileevsk, les sédimens sus-mentionnés couvrent seulement les étages supérieurs du terrain crayeux, en présentant des masses interrompues, indépendantes, peu distantes les unes des autres, et qui ressemblent à des îles de grandeur variable, entourées par la craie blanche ou grise.

Recouverte ainsi par les sédimens, la formation crayeuse de Simbirsk se trouve déposée sur les différentes roches appartenant au terrain jurassique proprement dit, et composant, comme nous le prouverons dans un ouvrage particulier, une espèce de ceinture qui entoure cette formation.

La craie du gouvernement de Simbirsk se présente sous la forme de trois étages mutuellement unis, dans la composition desquels se trouvent la craie blanche ou craie tuffau avec la glauconie crayeuse, la craie grise et les marnes calcaires.

Le premier étage, composé de craie blanche, forme les degrés supérieurs des montagnes; il est quelquefois stratifié très distinctement en couches de 3 à 4 pieds d'épaisseur, et divisé par des fissures perpendiculaires en masses parallélipipédiques. Dans les couches supérieures, la craie blanche est molle et parfois tout-à-fait friable; mais dans les couches inférieures elle a plus de fermeté.

C'est dans ces dernières couches qu'on rencontre *des lits de silex* plus ou moins étendus, plus ou moins puissans, et des cailloux de formes variées. Le silex est ordinairement d'une couleur gris-cendré, et quelquefois parsemé de glauconie.

La craie exploitée dans le voisinage des lits de silex ou des cailloux a une dureté tellement grande, qu'elle est sonore et qu'elle se brise avec difficulté. Cet étage contient souvent des rognons noirs, presque rouges, et renferme quelquefois des nids considérables d'ocre jaune. Le gîte de cette dernière substance est exploité dans le district de Korsunsk, près de Kotiakoff, et fera l'objet d'un examen particulier. Les couches inférieures de la craie blanche présentent le passage à la glauconie

crayeuse. On découvre d'abord en elles un mélange imperceptible de grains verts qui augmentent de plus en plus et changent la couleur et la nature de ces couches. L'étage de craie blanche est séparé de la craie grise qui le suit par une couche de glauconie crayeuse, très analogue, par cette disposition, avec la craie blanche de France, celle du département du Nord, où la glauconie crayeuse, comme le dit M. Poirier Saint-Brice, se montre immédiatement après la craie blanche; et ce n'est qu'ensuite qu'on découvre la craie grise, qui précède la glauconie crayeuse dans beaucoup de localités.

La glauconie crayeuse a une texture tantôt friable, tantôt assez solide; la couleur en est quelquefois grise, quelquefois vert-foncé, suivant que la quantité en est plus ou moins considérable. On trouve dans cette formation de petits rognons d'ocre rouge et des morceaux de phosphate de chaux, tantôt anguleux, tantôt arrondis, semblables à ceux que l'on trouve dans la craie au cap la Hève, près du Hâvre en France, et qui ont été analysés par M. Berthier.

Quoique la glauconie crayeuse ne forme pas un étage séparé dans la formation de craie du gouvernement de Simbirsk, elle conserve cependant le caractère propre à l'étage des sables verts supérieurs, et elle contient, en grande quantité, des débris de polypiers et de mollusques, recouverts de silex.

La craie blanche, employée si souvent à divers usages techniques, est exploitée le long des bords de la Soura, d'où elle est transportée par eau. La préparation de la chaux par la calcination de cette

craie, forme une industrie assez importante pour les habitans.

Le deuxième étage consiste en craie grise, connue dans le gouvernement sous le nom d'*opoka*. Les parties élevées de cet étage se distinguent facilement par l'aspect extérieur des couches de craie blanche; elle ne présente jamais de groupes de collines, mais forme pour ainsi dire des gradins escarpés avec des sommités plates.

La craie grise de cette formation est généralement composée de chaux carbonatée et d'argile. La première domine dans les couches supérieures; la seconde dans les couches inférieures; et c'est à cause de cela que la craie prend une teinte d'autant plus foncée, qu'elle s'éloigne davantage de la craie blanche. En général les couches supérieures de couleur grise, qui n'offrent encore que des taches grises, sont divisées par de nombreuses fissures, tandis que les couches inférieures de couleur foncée, et quelquefois gris-verdâtre, ont une grande dureté, et présentent une stratification mieux caractérisée que celle de la craie blanche.

La craie grise ne contient point de couches subordonnées; mais quelquefois dans les couches supérieures elle renferme des lits de glauconie crayeuse qui présentent toutes les propriétés précédentes.

Les couches de craie grise sont plus développées que celles de craie blanche : elles ont plus de continuité dans leur direction, plus de liaison mutuelle et d'homogénéité dans leur composition; tandis que les roches de craie blanche, au contraire, sont très souvent interrompues et séparées les unes des autres. En un mot, l'étage de la craie

grise et des marnes calcaires qui la suivent prédomine dans toute l'étendue de la formation crayeuse, et il est difficile d assigner un endroit où ces roches ne paraissent pas.

Sous le rapport industriel, cette roche ne présente point de matériaux utiles. Dans quelques endroits on a essayé d'employer la craie grise pour les fondations dans la construction des maisons; mais elle se sent de l'influence de l'humidité et du froid, et par conséquent n'est pas propre à cet usage; cependant elle pourrait bien servir, comme la craie blanche, à la fabrication de la chaux.

Le troisième étage est composé de marnes calcaires. Il est de couleur blanc-grisâtre, contient dans sa composition du mica divisé en très petites paillettes; mais il est quelquefois assez compacte, la plupart friable, et se rapporte aux marnes terreuses.

Cet étage, par son aspect extérieur, ressemble à celui de la craie blanche : la stratification en est quelquefois très distincte; mais souvent il est divisé par des fentes (en différentes directions) qui font disparaître toute la régularité de la stratification.

La partie supérieure de cet étage est ordinairement composée de marne compacte; et les parties inférieures, en admettant dans leur composition de plus en plus d'argile, sont entièrement friables. Quelquefois, comme je l'ai remarqué dans l'arrondissement de Simbirsk, près de la rivière Ourène, les couches des marnes compactes sont séparées des couches friables par un lit d'argile grisâtre, rempli de parties de glauconie et de morceaux anguleux et raboteux, de phosphate de

chaux : il y a des endroits où ils sont en telle quantité, que l'argile ne compose qu'un ciment agglutinant ces morceaux, dont la réunion présente alors une roche analogue aux poudingues ou brèches argileuses.

Cet étage présente des gradins de soixante-dix pieds et plus de hauteur ; sur l'un de ces gradins est construite la ville de Karsounne.

La marne terreuse, se divisant par l'action simultanée de l'humidité et du froid, peut fournir d'excellentes ressources pour l'amendement des terres.

Il est impossible de déterminer avec exactitude toute l'épaisseur de la formation que nous décrivons en ce moment ; cependant, d'après les observations faites en différens lieux, on peut dire approximativement qu'elle est de cent cinquante à deux cents pieds.

Toutes les couches qui composent les roches de la formation crayeuse du gouvernement de Simbirsk ont une position horizontale, et dans tous les affleuremens, comme dans les coupes artificielles que j'ai eu l'occasion d'observer, elles sont superposées dans l'ordre que j'ai déjà décrit, et ne sont inclinées que dans le cas où elles ont été déposées sur les inégalités des roches préexistantes.

En examinant les limites, la surface et les étages de la formation crayeuse du gouvernement de Simbirsk, nous allons porter notre attention sur les débris des corps organiques qu'elle contient avec une abondance étonnante. Restes organiques.

Poissons. On a découvert dans la formation crayeuse de Simbirsk des dents fossiles de différens poissons, connus sous le nom de *glossopètres*; elles ont toutes la surface unie et éclatante. Celles qui se trouvent dans les craies blanche ou grise ont la surface et la cassure de couleur jaune foncé; mais celles qui se trouvent dans la glauconie crayeuse, et dans l'argile contenant le phosphate de chaux, ont une couleur gris-blanchâtre ou gris-bleuâtre. Dans leur intérieur elles sont tranformées en une substance noire qui produit effervescence avec les acides, et ressemble beaucoup, par ses propriétés extérieures, au phosphate de chaux, qu'on y rencontre souvent en noyaux. Quelques-unes ont la figure d'un triangle isoscèle, plat d'un côté et concave de l'autre, ayant huit lignes de hauteur et six lignes de largeur à leur base.

Leurs arêtes sont tranchées, ce qui les distingue des dents citées par M. Nilson, dans son ouvrage sur les *Ossemens fossiles* de la formation crayeuse de Suède (*Pl. X*, A. B.). Les autres, ayant la même figure et la même hauteur, n'ont à leur base que quatre lignes, et par conséquent ne sont pas aussi comprimées que les premières, et ressemblent tout-à-fait à celles représentées sur la *Pl. X*, 1. g., 1. h. du même ouvrage. Enfin, quelques-unes étant de deux côtés concaves de la même manière, ont les arêtes tranchées et dentelées, présentant des triangles de trois lignes de hauteur et de quatre lignes de base.

Les restes de mollusques découverts dans les divers étages de la formation crayeuse se rapportent aux espèces et aux genres suivans :

1. *Baculites*. Mollusques céphalopodes.

B. vertebralis. Lam. Faujas. Les morceaux de moules de cette coquille se trouvent uniquement dans la craie blanche, et sont d'une grandeur différente. Leur surface est constamment couverte par une couche mince d'ocre friable, de couleur jaune ou rouge, qui, facilitant l'extraction des baculites de la craie, présente en même temps le seul reste visible des valves ruinées de ces coquilles.

Au milieu des morceaux mêmes, comme l'a remarqué M. Defrance, sont souvent renfermés des peignes, des plagiostomes, et d'autres coquilles; et comme, attendu leur grandeur, ils ne pouvaient pas entrer par le syphon dont sont munis les *baculites*, cela prouve que ces derniers se terminaient, comme les ammonites et les nautiles, par le vide sans cloison dans lequel les autres coquilles pouvaient entrer après la dissolution de la craie.

Ici nous remarquons que dans la craie blanche se trouvent quelquefois de petits moules qui, par leur aspect, peuvent se rapporter aux ammonites ou aux nautiles. L'on ne peut définir la disposition du syphon, qui dans les premiers est toujours dorsal, et dans les autres central, ou le moins souvent abdominal (comme dans les *nautiles*), disposition qui distingue entre elles ces coquilles des mollusques céphalopodes; il est par conséquent impossible de désigner précisément à quel genre appartiennent les moules ci-dessus mentionnés.

2. *Belemnites*. Lam. Cuv. Fer. Ils se trouvent dans tous les étages de la formation crayeuse, ou parfaitement conservés, ou avec des extrémités endommagées, ou totalement mis en pièces. Ils sont quelquefois rongés et perforés, comme le remarque M. Defrance; à la surface, des points blancs seuls annoncent l'existence des perforations, mais dans la cassure elles se trouvent confirmées par des cavités considérables qui contenaient auparavant des mollusques perforants, et se sont ensuite remplies.

La surface des bélemnites est très souvent cou-

verte d'huîtres et de différens polypiers qui y sont adhérens, ou de dépôts siliceux de différentes grandeurs : on remarque surtout ce phénomène dans les bélemnites qui se trouvent dans la glauconie crayeuse.

Jusqu'à présent j'ai découvert les espèces suivantes de bélemnites :

B. scaniæ. Bromell, Blainv., découverte dans les couches inférieures de la craie blanche, où cette roche commence à passer à la glauconie crayeuse.

B. mucronatus. Al. Brongn. Schlot., se trouve dans tous les étages de la formation crayeuse.

B. semicanaliculatus. Se trouve seulement dans la craie blanche, présentant des formes hastées. On rencontre dans la craie blanche de petites bélemnites avec la base pointue, où l'on peut bien distinguer les couches qui les composent. Elles sont diaphanes, de couleur de succin, et ne sont, sans doute, que des *B. mucronatus* dans leur jeune âge. Car, excepté cette espèce de bélemnites, on n'en trouve aucune autre ni dans la craie grise ni dans les marnes.

3. *Lenticulites*.

L. Comptoni. Nils. Se trouve principalement dans l'étage de la craie grise.

4. *Nodosaria*.

N. sulcata. Nils. Découverte dans la craie blanche et grise.

5. *Frondicularia*.

F. complanata. Defr. Dans les couches inférieures de la craie grise.

Mollusques gastéropodes.

6. *Dentalium*. Linn. Un seul étage de la craie blanche renferme des fossiles de cette espèce. Je possède quelques échantillons de cette craie blanche, remplie de débris tubuleux de ces mollusques.

7. *Patella*, Linn., dans la craie blanche.

J'ai trouvé aussi dans la craie blanche des moules appartenant aux genres *Trochus* et *Rostellaria*, avec des caractères si mal conservés, que je n'ai pu connaître les espèces auxquelles ils appartiennent.

8. *Terebratula*. Brug. Dans la craie blanche très souvent, et rarement dans la craie grise. Mollusques brachiopodes.

T. carnea. Sow.

T. intermedia, qui, par sa grandeur, surpasse toutes les autres espèces. J'en ai dans ma collection qui ont 2 pouces de longueur.

T. octoplicata. Sow., se rencontre assez souvent, et de grandeur variable. Il faut remarquer que le nombre de plis ne forme pas un caractère invariable : car j'ai dans ma collection de ces fossiles qui, à l'état adulte, ont 4, 5, 6 et 7 plis.

T. pectita. Sow.

T. Defrancii., Al. Brongn.

T. aspera. Defr. Anomites terebratulites asper. Schlot., forme l'espèce la plus fréquente dans la craie blanche. J'en ai 50 dans ma collection, et aucune d'elles n'excède la longueur de 4 lignes de France.

T. crania. Brug., dans la craie blanche.

10. *Ostrea*. Lam. Les étages de la craie blanche et grise abondent en espèces d'huîtres des plus remarquables. Mollusques lamelli-branches.

O. vesicularis. Lam., est une des coquilles les plus caractéristiques de la formation crayeuse Son aspect est variable, et sa forme dépend absolument de celle des corps submergés auxquels elle se trouve adhérente ; elle est remarquable encore par sa surface comme l'empreinte de coquilles univalves de la classe des mollusques gastéropodes, qu'on ne trouve plus dans cette formation crayeuse. Cette espèce se trouve le plus souvent associée à des echinites, bélemnites, catillus ; quelquefois les coquilles associées en grand nombre, forment une masse amorphe.

O. curvirostris. Nils., se rencontre dans la craie blanche, mais fort rarement.

11. *Pecten.* J'ai trouvé jusqu'à dix espèces de ces coquilles.

P. fragilis. Defr. J'ai été bien étonné de trouver cette coquille mince et fragile en parfaite conservation; tandis que dans ces mêmes roches les autres espèces, quoique plus dures et compactes par leur nature, se trouvent toujours brisées en morceaux.

P. corneus. Sow., dans la craie blanche.

P. serratus, Nils. } dans tous les étages de la formation.
P. undulatus, Nils. }

P. arachnoides, Defr.

P. versicostatus, Lam. Defr.

P. quinquecostatus, Sow.

12. *Plagiostoma.* Sow. Se rencontre dans la craie blanche. Jusqu'à présent on connaît les espèces :

P. spinosum. Sow.

P. punctatum. Sow.

P. semisulcatum. Nils. Cette coquille est la plus fréquente dans la craie blanche du gouvernement de Simbirsk, et par conséquent elle doit être regardée comme une espèce caractéristique de cet étage.

13. *Catillus.* Al. Brongn. Genre caractéristique de la formation crayeuse, se trouvant dans tous les étages. J'ai découvert les espèces suivantes :

C. Cuvieri. Al. Brongn., une des plus grandes coquilles fossiles. J'ai vu des valves de cette coquille, qui avaient jusqu'à 3 pieds de dimension.

C. Brongniartii. Se rencontrent la plupart dans la craie grise : les valves de cette espèce sont si minces et si fragiles, qu'au moindre coup elles tombent en poussière.

14. *Pentacrinites.*

15. *Echinus*. Lin. Dans la craie et dans la glauconie crayeuse.

16. *Spatangus*.

S. cor-anguinum. Lam.

17. *Ananchytes*.

A. ovata. Lam.

18. *Cidaris*.

C. variolaris. Al. Brongn.
C. vesiculosa. Goldf.
C. scutiger. Munst.

N'ayant pas ramassé une quantité suffisante de polypiers fossiles, nous ajournons la définition de leurs espèces. Ils se trouvent dans les lits de glauconie crayeuse et dans la craie grise. Polypiers.

Tels sont les caractères de la formation crayeuse du gouvernement de Simbirsk. Nous observons ici qu'en France, à Rouen, à Boulogne, et en Angleterre surtout, ces formations sont composées de cinq étages, et dans la formation susmentionnée il n'y en a que trois. Mais le sable vert supérieur, ou glauconie crayeuse, se voit en forme de lit entre la craie blanche et la craie grise; et quoiqu'il ne soit autre chose ici qu'une couche subordonnée, il possède cependant quelques caractères zoologiques propres aux sables verts supérieurs.

Après la craie grise viennent immédiatement les marnes, qui correspondent évidemment aux roches, nommées par les Anglais *gault*. Ici ils ne séparent pas, comme en Angleterre et en France,

les étages de la craie et les sables verts, mais forment le troisième et dernier étage de la formation crayeuse.

Le sable vert inférieur, formant un étage particulier dans ces deux pays, n'est disposé, dans la formation de Simbirsk, qu'en couches subordonnées à l'argile, laquelle, correspondant à l'argile de Kimmeridge et aux marnes argileuses du Hâvre, compose la seconde formation des dépôts moyens du gouvernement de Simbirsk.

Il me semble donc prouvé que, bien que la formation crayeuse dont il est question ne soit formée que de trois étages seulement, rien n'empêche de l'identifier avec les formations crayeuses des autres parties de l'Europe.

RAPPORT

A M. le Conseiller d'état, Directeur-général des ponts et chaussées et des mines, sur le sondage chinois (à la corde) exécuté dans la concession houillère de Roche-la-Molière et de Firminy (Loire);

Par M. GRUNER, Ingénieur des mines.

Le sondage exécuté près de Dourdel, sous la surveillance de M. Fonds, sous-directeur de la mine de Roche-la-Molière, était destiné à rechercher la couche de houille dite de *Siméon*, et à en déterminer exactement la profondeur. Les anciens travaux faits sur les affleuremens de cette couche, et la nature des bancs du terrain qui percent au jour sur la côte, au sommet de laquelle l'essai fut fait, avaient appris que le trou de sonde devait arriver à une profondeur d'environ 100 à 110 mètres, et qu'il avait à traverser d'abord des grès, et ensuite des bancs très-puissans d'argile schisteuse, contenant des rognons de fer lithoïde. Le travail fut commencé le 1er octobre 1834, et continua sans interruption prolongée jusqu'au 12 décembre. La première semaine on travailla durant le jour seulement, mais ensuite l'opération marcha jour et nuit. Le travail du sondage, proprement dit, a duré en tout cinquante-sept journées de vingt-quatre heures, auxquelles il faut ajouter une douzaine de jours pour des réparations ou des interruptions causées par la chute Historique du sondage.

de fragmens de rochers qui se détachaient de la partie supérieure du trou foré.

Profondeur du trou.

Pendant ces cinquante-sept journées on arriva à une profondeur de 1.676 pouces, ce qui donne pour vingt-quatre heures un avancement moyen de 29,4 pouces. Mais cet avancement journalier fut très variable selon la nature du roc : dans le schiste il fut d'environ 40 pouces, et s'éleva quelquefois jusqu'à 55 pouces, et même au delà ; dans le grès il a rarement dépassé 24 pouces, et fut moyennement de 18 pouces : dans le minerai de fer le sondage fut aussi très pénible, et n'avança pas plus que dans le grès dur.

Obstacles au succès du sondage.

Le minerai de fer s'opposa, d'ailleurs, sous un autre rapport encore, au plein succès de l'opération. Des rognons arrondis de ce minerai lithoïde, et des masses d'argile ramollies par l'eau, se détachaient des couches déjà traversées, et tombaient au fond du trou. L'argile, en produisant une boue très épaisse, empêchait l'outil de jouer librement et d'entamer le roc. Les rognons se logeaient au-dessus de la tige, ou entre la tige et les parois du trou, et gênaient ainsi son mouvement. Les chutes devinrent enfin si fréquentes, que l'on abandonna le travail, dans la crainte que l'outil ne restât engagé au fond du trou.

Il était arrivé, en effet, qu'à deux reprises différentes l'outil se trouvait tellement engagé, que la première fois on ne put le sortir qu'après sept à huit heures de travail ; et la seconde fois qu'après vingt-six heures d'efforts inutiles. On parvint à le dégager en lui imprimant un léger mouvement vertical de va et vient, de manière à broyer les pierres placées entre la tige et les parois du trou. Le sondage resta alors suspendu pendant

plusieurs semaines, lorsqu'enfin on se décida à tuber le trou pour faire cesser les éboulemens; mais, avant d'en venir là, il fallut agrandir le trou à 9 pouces de diamètre, de 6 qu'il avait eu dès l'origine.

Agrandissement du trou.

On recommença à sonder le 15 janvier; on espérait que ce travail serait promptement terminé, mais on fut bientôt désabusé. Il fallut autant de temps pour agrandir le trou qu'il en avait fallu pour le percer dans l'origine, et même lorsqu'on arriva dans les bancs de minerai de fer, on trouva l'ancien trou rempli de débris; et, pendant le sondage lui-même, les chutes furent si fréquentes que certains jours on reculait au lieu d'avancer; on était obligé, en effet, de broyer tous les fragmens de pierres qui tombaient sans cesse au fond du trou.

Les inconvéniens furent tels, qu'il était au moins douteux qu'on pût parvenir à terminer heureusement le tubage sur les 1.676 pouces de hauteur; d'ailleurs, on devait s'attendre à trouver encore du minerai de fer à une plus grande profondeur; il pouvait donc arriver qu'un tubage inférieur fût indispensable, ce qui aurait rétréci le trou, et occasioné de nouveaux frais par la confection d'instrumens d'un diamètre plus faible, ou peut-être même rendu le sondage ultérieur impraticable, du moins par le procédé de la corde, car je ne pense pas qu'il soit possible de forer par ce procédé des trous moindres de 4 pouces de diamètre. Pour donner, en effet, un passage suffisant aux boues, par les cannelures des bourrelets de la tige, il faudrait diminuer les dimensions de cette tige, ce qui la rendrait sinon trop peu résistante, du moins trop légère pour opérer le fo-

Abandon définitif du sondage.

rage avec succès. On abandonna donc définitivement le sondage le 28 mars 1835, après avoir agrandi le trou à 113 pieds de profondeur.

Par le récit historique qui précède, on voit que la non réussite du sondage ne tient ni à l'emploi de la corde ni à l'imperfection des autres appareils. Il est bien certain, au contraire, qu'un sondage, par la méthode ordinaire, fait avec des tiges de fer, aurait présenté les mêmes inconvéniens; à un plus haut degré encore, les tiges, en frappant contre les parois du trou, les auraient sans doute ébranlées, et en auraient infailliblement détaché plus de fragmens que le sondage à la corde.

Dans les deux cas, le tubage aurait donc été indispensable; seulement il est à remarquer que les outils du procédé ordinaire s'engagent peut-être moins facilement, et permettent de sonder avec un diamètre plus petit. A part les inconvéniens que nous venons de signaler, et qui ne sont pas inhérens à la méthode de sondage, l'essai fait à Roche-la-Molière a eu un plein succès. Je passe donc maintenant aux détails de l'opération et des outils employés.

Description du sondage.

Le sondage a été exécuté par le moyen d'un engin ordinaire, ainsi que M. Combes le conseillait dans son mémoire (*Ann. des mines*, t. V, p. 299).

Engin.

Il est composé de quatre montans de 4 mètres de longueur chacun, et consolidé par quelques traverses et chevrons. Au sommet des quatre montans est fixée une poulie en bois de chêne de $0^{m},50$ de diamètre, sur laquelle passe la corde à laquelle la sonde est attachée. L'excédent de la corde était d'abord enroulé sur un petit tour fixé entre deux des quatre montans de l'engin; mais comme trois hommes

avaient de la peine à monter la sonde et la cuiller à curer, d'une profondeur de 120 pieds, par le moyen des petites manivelles de ce tour, on l'a supprimé par la suite et remplacé par un treuil vertical placé à quelque distance de l'engin.

La même corde servait pour la sonde et pour la cuiller à curer, ce qui est un inconvénient, mais peu grave, parce que le curage n'était nécessaire qu'une fois toutes les 12 ou 18 heures dans le schiste, et seulement trois fois par 12 heures dans le grès; que, d'ailleurs, le temps employé pour attacher et détacher la cuiller et la tige à souder est fort court.

Il semble singulier, au premier abord, que dans le grès, où l'avancement est beaucoup moins rapide, il faille curer plus fréquemment; mais cela tient à la nature du sable, qui se dépose au fond du trou, lorsqu'il provient des débris du grès, et qui se délaye dans l'eau quand il est produit par le schiste

Levier.

Le levier destiné à faire sauter la sonde est terminé par un secteur circulaire, et se trouve fixé par des boulons sur un rondin de bois qui est mobile, autour de deux tourillons, et placé entre deux poteaux. Le secteur circulaire de $0^m,55$ de longueur porte une corde que l'on attache à celle de la sonde (ainsi que le montre la figure), par un simple nœud coulant et une petite cordelette.

Le grand bras de levier avait, dans l'origine, 8 pieds de longueur, mais on lui donna une longueur de 12 pieds, lorsque, pour agrandir le trou foré, on fit usage d'une sonde plus pesante. Le petit bras de levier a $2^{pi.}$ $3^{po.}$ ($0^m,70$) de longueur; à $2^m,50$ de l'axe de rotation on a fixé au levier un anneau, auquel on lie une courroie qui va join-

dre l'extrémité d'une perche élastique de 4 mètres de longueur; cette perche, tenant la corde de la sonde constamment tendue, rend superflues les précautions que M. Sello a employées à Saarbrück pour prévenir son usure par frottement. Elle est, en effet, encore dans un état parfait de conservation, malgré un service non interrompu de quatre mois et plus. La corde a 1 pouce $\frac{1}{4}$ de diamètre, et pèse 2 kilogrammes par toise; elle a 70 toises de longueur.

Tige. La première tige dont on fit usage à Roche-la-Molière, et les deux ciseaux, sont venus de Saarbrück et diffèrent peu des outils décrits par M. Sello. La tige en fonte porte, à ses deux extrémités, deux renflemens munis de cannelures pour le passage des boues. Les bourrelets ont $0^m,10$ de long; le reste de la tige est carré, et a $0^m,065$ de côté; sa longueur totale est de $1^m,75$; et entre les bourrelets, de $1^m,36$. Elle pèse 80 kilogrammes. A la partie supérieure de la tige est fixé un anneau tournant, au moyen d'une chappe en fer, retenu par un boulon. Les ciseaux entrent à vis dans le renflement inférieur. Le pas de vis taillé dans la fonte douce s'usa rapidement; il arrivait fréquemment que le ciseau se dévissait en partie, et un jour (à 56 pieds de profondeur) il se sépara complétement de la tige. On parvint cependant à le ressaisir très facilement au moyen d'une ligne de tiges en fer réunies bout à bout, au moyen de boulons et terminée par un écrou en forme de bonnet ou de cloche.

Pour prévenir le retour de semblables accidens, on perça l'une des cannelures du renflement inférieur, et l'on fit pénétrer dans cette ouverture une vis de pression pour maintenir le ciseau. Mais

comme cette vis de pression elle-même se dégageait quelquefois, on prit le parti de faire couler une nouvelle tige à mortaise. On adapta aux ciseaux des tenons, percés d'un trou pour recevoir une clavette qui elle-même était retenue par une contre-clavette placée dans l'une des cannelures du renflement. Cette modification rendit les meilleurs services, et ne présenta aucun inconvénient. Les clavettes ne se dégagèrent jamais. La nouvelle tige ne diffère au reste de l'ancienne que par son poids plus fort; elle pèse, avec la chappe et l'anneau tournant, 100 kilogrammes. Le renflement supérieur a $0^m,11$ de longueur, et le renflement inférieur $0^m,16$. La tige, proprement dite, a pour section un carré de $0^m,075$ de côté.

Les *ciseaux sont simples* et pèsent chacun 20 à 21 kilogrammes; avec le tenon ils ont $0^m,42$ de longueur; c'est le seul instrument dont on fit usage pour le sondage proprement dit. Outils divers.

L'*alésoir*, destiné à arrondir le trou, ne fut employé que très rarement (cinq fois pendant toute la durée du sondage), et seulement dans le grès. Cet alésoir est une masse de fer aciérée, cylindrique dans la partie supérieure, octogone à son extrémité inférieure. Les huit arêtes saillantes de cet octogone se trouvent à une distance du centre égal au rayon du trou foré. Les faces de l'octogone sont concaves pour laisser passer l'eau et les boues. L'instrument est terminé inférieurement par une face plane perpendiculaire à l'axe de l'instrument. Avec le tenon, l'outil a $0^m,35$ de longueur, et pèse 26 kilogrammes. On voit que, par sa construction, il n'est destiné qu'à arrondir le trou sans entamer le fond.

Pour curer le trou on a employé la cuiller or- Cuiller.

dinaire, c'est-à-dire un cylindre en tôle, fermé à son extrémité inférieure par une soupape de même nature, garnie de cuir. Elle a $1^m,65$ de longueur, et $0^m,145$ de diamètre, et pèse 42 kilogrammes.

Conduite du sondage.

Le sondage a été exécuté, au reste, de la manière ordinaire. On a creusé d'abord un puits circulaire de $2^m,60$ de diamètre, sur $2^m,50$ de profondeur, qui lui-même se trouvait déjà dans le roc. Au centre on éleva la buse (tuyau en bois) destinée à diriger la tige pour le commencement de l'opération; un homme, placé un peu au-dessus de l'embouchure de cette buse, imprimait le mouvement de torsion à la corde, avec un manche en fer, tandis que deux autres ouvriers manœuvraient le levier.

Le maître sondeur tourne la corde d'une demi-révolution au moment où l'outil frappe le fond du trou; alors la torsion imprimée à la corde fait tourner l'anneau mobile *ab* (*Pl. VII*) de la tige, et lorsqu'un instant après l'outil est de nouveau librement suspendu, la corde, en se détordant, lui communique un léger mouvement de rotation. Pour favoriser ce mouvement, le maître sondeur tourne la corde en sens contraire au moment même où l'outil est de nouveau soulevé. Il importe bien de remarquer que le premier mouvement de rotation n'est efficace que lorsqu'il a lieu pendant que l'outil touche le fond du trou. Il serait possible que ce mouvement ne se communiquât plus à une très grande profondeur; mais l'essai de Roche-la-Molière a montré du moins qu'il est encore très sensible à 140 pieds de profondeur, car un ciseau simple perçait un trou parfaitement rond.

Les ciseaux s'usent moins rapidement le long

du tranchant que sur les deux côtés. Il résulte delà, qu'en faisant trop long-temps usage du même outil, le trou devient progressivement plus petit, et qu'en introduisant ensuite un ciseau réparé, ayant les dimensions primitives, celui-ci se trouve gêné et quelquefois fortement engagé. C'est dans des cas semblables que l'on fit usage de l'alésoir, c'est-à-dire bien plutôt dans le but d'agrandir le trou que dans celui de l'arrondir. Comme c'est principalement le forage dans le grès qui use les outils, c'est aussi uniquement dans le grès que l'on fit usage de l'alésoir; et tandis que dans le grès on était obligé de changer les ciseaux toutes les deux heures, on pouvait les conserver douze heures dans les schistes.

Au commencement de l'opération, on fut obligé de verser de l'eau dans le trou, mais plus tard le terrain en fournit suffisamment. Il y avait même avantage, en curant, d'enlever autant que possible toute l'eau : l'instrument jouait plus librement et entamait mieux le fond.

Les mêmes ouvriers travaillaient pendant douze heures. Le maître sondeur était payé à raison de 2 fr. 75 c. la journée; et les deux manœuvres, employés au levier, à raison de 1 fr. 75 c. chacun; par vingt-quatre heures, les frais de main-d'œuvre s'élevèrent donc à 12 fr. 50 c. Frais du sondage

	fr. c.
Pour toute la profondeur de 1.676 pouces, les salaires des ouvriers sondeurs se sont élevés à.	732,35
Frais de forgeage.	15,00
Frais d'aiguisage des ciseaux (115 aiguis. à 0f,25).	28,75
Dépense totale pour une profondeur de 45m,40.	776,10
Le mètre courant a donc coûté.	16,87

	fr. c.
L'établissement de l'engin a coûté (1)	139,50
Dix toises de corde	200,20
Alésoir, 26 kil. à 1f,50	39,00
La cuiller, 42 kil. à 1f,25	52,50
Deux ciseaux, 42 kil. à 1f,50	63,00
Tige en fonte, 94 kil. à 40 fr. les 100 kil.	37,60
Anneau et chappe de la tige, 6,37 kil. à 1f,50	9,55
Frais de construction de l'engin et des outils.	541,35

A ces dépenses il y aurait encore à ajouter celles qui dépendent de l'établissement postérieur du treuil vertical que l'on a substitué au petit tour, et les frais de construction du hangar dont on fut obligé de surmonter l'engin pour préserver les ouvriers des rigueurs de la saison.

Comparaison avec le sondage de Saarbruck.

On voit, d'après ce qui précède, qu'en tenant compte de la différence du prix de la main-d'œuvre, le sondage exécuté à Roche-la-Molière n'est guère plus cher que celui fait à Saarbrück sous les yeux de M. Sello, ce dernier ayant coûté 11f,28 le mètre courant. Et si l'on compare ce même sondage aux trous forés par M. Fantet dans le terrain houiller d'Autun, où la main-d'œuvre est également moins élevée qu'à Saint-Etienne, on devra conclure que le sondage à la corde présente réellement un avantage notable sur le sondage ordinaire, surtout si l'on a égard au bon marché de l'appareil de sondage. Il est vrai que pour de faibles profondeurs, et lorsque le diamètre du trou est petit, l'avancement journalier est plus considérable par le procédé ordinaire, parce que la force de percussion est plus grande; mais à mesure que la profondeur s'accroît (au delà de 40

(1) Voyez le tableau pour les détails.

mètres), le temps perdu par l'assemblage et le désassemblage des tiges, et l'augmentation des frais de main-d'œuvre pour le jeu de cette longue ligne de tiges, compensent bientôt les avantages que l'ancienne méthode peut avoir sur la nouvelle pendant les 30 premiers mètres. L'un des trous forés par M. Fantet, à 40 mètres de profondeur, a coûté par mètre 16f,364; et l'autre de 124 mèt., a coûté par mètre 19f,355. La profondeur du trou foré à Roche-la-Molière n'a été, il est vrai, que de 45 mètres; mais deux hommes auraient facilement continué le sondage jusqu'à 100 mètres de profondeur et au delà, car à 100 mètres, le poids à soulever n'est que de 220 kil., ou à l'extrémité du levier, point d'application de la puissance, de 40 kil., c'est-à-dire de 20 kil. par homme; il est évident d'ailleurs que la différence de temps nécessaire pour curer le trou à 50 ou à 100 mètres de profondeur est tout-à-fait insignifiante dans le sondage à la corde.

Comparaison avec le sondage ordinaire.

Comme terme de comparaison, je citerai encore un sondage que l'on vient d'exécuter par la méthode ordinaire, au fond d'un puits de la concession de la Chana. Le trou, foré à deux pouces de diamètre, a atteint une profondeur de 17 toises. Les tiges étaient assemblées à vis. Les ouvriers faisaient sauter la sonde en tirant une corde qui passait sur une poulie et était fixée par l'une des extrémités à la ligne des tiges. On fit usage principalement du ciseau croisé. Deux hommes suffirent d'abord pour le jeu de la sonde; mais à partir de la 10e toise il en fallut un troisième; et à la 17e, si l'on avait voulu continuer, un quatrième aurait été indispensable. Un autre ouvrier était d'ailleurs occupé à tourner la sonde. Les ouvriers se rele-

vaient en trois postes de 8 heures. Les premiers jours on forait jusqu'à 10 pieds par 24 heures; mais l'avancement journalier diminua progressivement avec la profondeur; à 15 toises de profondeur, on n'avança plus que d'un pied par poste de 8 heures. Les couches traversées se composent d'une alternance de grès, de poudingue et de schiste, mais plus particulièrement de schiste. Les ouvriers étaient payés à prix fait

A raison de 30 francs les 10 premières toises. . .	300fr.
de 50 francs les 5 autres	250
Frais de sondage pour 15 toises, y compris les réparations des outils.	550fr.

Les deux autres toises furent payées à la journée à un prix bien plus élevé encore. En ne prenant que les 15 toises, on arrive déjà à un prix de 19 fr. par mètre courant. Il est vrai que l'on ne peut que difficilement établir une comparaison entre cet exemple et le sondage à la corde de Roche-la-Molière; car si d'un côté l'imperfection de la disposition pour le jeu de la sonde et la position pénible des ouvriers au fond d'un puits humide de 80 toises de profondeur, est au désavantage du sondage avec les tiges, la faible profondeur du trou foré et la circonstance que les tiges n'étaient jamais désassemblées, mais soulevées pour le curage, par la machine à molettes du puits, sont au contraire à l'avantage du sondage du puits de la Chana.

Quand il s'est agi d'augmenter le diamètre du trou foré pour pouvoir le tuber, au lieu de faire couler une tige à bourrelets plus forts, M. Fonds a simplement fixé sur chacun des deux renflemens de l'ancienne tige un anneau en fer forgé ayant un diamètre extérieur égal au trou agrandi. Les an-

neaux ont d'abord été maintenus au moyen de quatre vis à têtes noyées; mais le frottement que les cercles éprouvaient contre les parois du trou les dégradaient en fort peu de temps; on a fait alors entrer à coups de masses les bourrelets dans les anneaux chauffés au rouge, et l'on a pu ainsi supprimer entièrement les vis. La tige ainsi modifiée a présenté des avantages qu'il importe de faire remarquer et qui recommandent son emploi toutes les fois qu'il s'agit de forer des trous d'un grand diamètre. Pendant l'élargissement du trou, les chutes des rognons de minerai de fer se reproduisirent plus fréquemment encore que lors du creusement primitif; mais l'instrument ne fut cependant jamais engagé, parce que les anneaux en question empêchent les pierres détachées de se loger entre la cannelure ou la tige et les parois du trou. Plusieurs fois, en remontant l'instrument, on amena au jour des fragmens volumineux de pierre qui n'avaient nullement gêné son jeu. Il est évident en effet que les fragmens, qui sont trop gros pour traverser les cannelures des bourrelets, ne peuvent point non plus se loger entre la surface extérieure des anneaux et les parois du trou.

Il me semble donc avantageux d'adopter dans tous les cas la disposition de ces anneaux, et comme il importe que l'eau et les boues aient un passage aussi libre que possible, on ne doit laisser entre les cannelures que des arêtes assez fortes pour supporter l'anneau (*fig.* 10). Si l'on craint, dans le cas du creusement d'un trou très grand que les cannelures laissent passer des rognons d'un volume trop gros, on pourra les couvrir d'un léger grillage en fil de fer qui arrêtera ces fragmens sans gêner

le passage des boues. Il suffit au reste que les anneaux aient un centimètre d'épaisseur. On pourrait peut être aussi se servir de l'anneau du bourrelet inférieur comme d'une espèce d'alésoir destiné à arrondir le trou ; il suffirait pour cela que le bord inférieur de cet anneau fût tranchant et aciéré, et que la surface extérieure, au lieu d'être cylindrique, fût munie d'arêtes saillantes comme l'alésoir proprement dit. Cette disposition n'aurait que l'inconvénient d'une réparation difficile.

Pour agrandir le trou à 113 pieds de profondeur, on a été occupé au forage proprement dit pendant 57,6 jours.

	fr. c.
Les frais de la main-d'œuvre se sont élevés à.	720,05
Frais de forgeage.	11,00
Frais d'aiguisage.	25,00
Total des frais pour 36m,73.	756,05

Donc par mètre courant, 20f,58.

On voit donc qu'il a fallu plus de temps pour agrandir le trou à 21 centimètres que pour le forage primitif à 15 centimètres de diamètre. Cela tient en partie, comme je l'ai déjà dit, à la chute fréquente des fragmens d'argile et de pierre. Probablement aussi faudrait-il, pour des trous de 8 à 9 pouces, des sondes plus pesantes que celles dont on a fait usage. L'expérience seule peut apprendre pour chaque diamètre, quel poids de la sonde donne les résultats les plus économiques ; car il est évident que plus la sonde sera pesante, plus l'avancement sera rapide, mais aussi plus la main-d'œuvre sera coûteuse.

Il doit donc y avoir dans chaque cas un poids donnant le maximum d'effet économique : et nul

doute que le nouveau procédé de sondage à la corde ne se présente sous un jour plus favorable encore quand l'expérience aura fait connaître les conditions donnant ce maximum d'effet.

Conclusions. En résumé, l'essai fait à Roche-la-Molière et dont le détail est indiqué par le tableau ci-après, conduit aux conclusions suivantes :

1° Que les avantages du sondage à la corde sont incontestables pour des terrains que l'on peut traverser au ciseau, et pour des trous ayant au moins 40 ou 50 mètres de profondeur et 4 pouces de diamètre ;

2° Que le sondage avec des tiges est préférable lorsqu'il s'agit d'une profondeur de 20 à 30 mètres seulement ;

3° Que l'engin ordinaire peut très bien être employé pour le sondage à la corde ;

4° Qu'au moyen d'une tige suspendue à la corde par un anneau tournant et munie d'un ciseau simple, on peut forer un trou parfaitement cylindrique (1) ;

5° Enfin, que des bourrelets à grands jours entourés de cercles en fer sont préférables aux bourrelets à cannelures, et que cette disposition permettrait peut-être de réunir en un seul instrument le ciseau et l'alésoir.

---

(1) Les premières tiges employées par M. Sello n'avaient pas d'anneau tournant.

Sondage à la corde exécuté aux mines de Roche-la-Molière.

TABLEAU DE L'AVANCEMENT DU TRAVAIL.

La journée de travail est de 12 *heures, et deux hommes ont été employés à la manœuvre de la sonde du* 1er *au* 4 *octobre, ensuite trois hommes, du* 5 *octobre au* 30 *novembre* 1834.

DATE.	NATURE de la ROCHE.	PROFONDEUR du trou creusé dans la journée par pouces.	OBSERVATIONS.
Oct. 1834.			
1er	Grès.	18	
2	*id.*	18	
3	*id.*	22	
4	*id.*	16	
5	*id.*	00	Interruption de travail.
6	*id.*	26	
7	*id.*	21	
8	*id.*	15	
9	*id.*	27	
10	*id.*	6	L'outil s'engagea fortement et on cassa les axes du tour. (On répara les axes du tour.)
11	*id.*	0	
Jour 12	*id.*	15	
Nuit —	*id.*	9	
13	*id.*	0	On répara la vis de la tige et des ciseaux.
—	*id.*	6	L'outil s'engagea plusieurs fois.
14	*id.*	0	On a descendu l'alésoir.
—	*id.*	0	Interruption de travail.
15	*id.*	16	
—	*id.*	7	On a descendu l'alésoir.
16	*id.*	12	
—	Schiste.	24	
17	Grès.	14	
—	*id.*	5	
18	*id.*	6	
—	*id.*	6	
19	*id.*	6	

Suite du tableau de l'avancement du travail.

DATE.	NATURE de la ROCHE.	PROFONDEUR du trou creusé dans la journée par pouces.	OBSERVATIONS.
Octobre.			
Nuit —	Grès.	6	
Jour 20	*id.*	6	
—	*id.*	3	
21	*id.*	0	On répara les vis de la tige et des ciseaux.
—	*id.*	0	
22	*id.*	4	
—	*id.*	16	
23	*id.*	13	
—	*id.*	18	
24	*id.*	10	
—	*id.*	10	
25	*id.*	10	
—	*id.*	10	
26	*id.*	9	
—	*id.*	9	
27	*id.*	9	
—	*id.*	4	On a passé l'alésoir.
28	*id.*	6	
—	*id.*	9	
29	*id.*	11	
—	*id.*	10	
30	*id.*	7	
—	*id.*	8	
31	*id.*	7	
—	*id.*	7	
		489	
Novembre.			
1er	Grès.	0	Interruption de travail.
—	*id.*	7	
2	*id.*	0	Interruption de travail.
—	*id.*	10	
3	*id.*	7	
—	*id.*	7	
4	*id.*	7	
—	*id.*	8	
5	*id.*	13	
—	*id.*	12	
6	*id.*	9	
—	*id.*	7	
7	*id.*	4	On a passé l'alésoir.

Suite du tableau de l'avancement du travail.

DATE.	NATURE de la ROCHE.	PROFONDEUR du trou creusé dans la journée par pouces.	OBSERVATIONS.
Novembre.			
Nuit —	Grès.	14	
Jour 8	*id.*	7	On a réparé les boulons des anneaux et la tige.
—	Schiste.	18	
9	*id.*	0	Interruption de travail.
—	*id.*	25	
10	*id.*	17	
—	*id.*	21	
11	*id.*	18	
—	*id.*	26	
12	*id.*	25	
—	*id.*	30	
13	*id.*	27	
—	*id.*	30	
14	*id.*	27	
—	*id.*	26	
15	*id.*	31	
—	*id.*	24	
16	*id.*	26	
—	*id.*	31	
17	*id.*	24	
—	*id.*	22	
18	*id.*	17	
—	*id.*	22	
19	*id.*	26	
—	*id.*	25	
20	*id.*	17	
—	*id.*	16	
21	Min. de fer.	10	
—	Schiste.	18	
22	Min. de fer.	10	
—	Schiste.	18	
23	Min. de fer.	6	
—	Schiste.	13	
24	Min. de fer.	11	
—	Schiste.	18	
25	*id.*	15	
—	*id.*	14	
26	Min. de fer.	11	
—	*id.*	10	
27	Schiste.	13	
—	*id.*	17	

Suite du tableau de l'avancement du travail.

DATE.	NATURE de la ROCHE.	PROFONDEUR du trou creusé dans la journée par pouces.	OBSERVATIONS.
Novembre.			
Jour 28	Schiste.	18	
Nuit —	*id.*	24	
29	*id.*	17	
—	*id.*	14	
30	Min. de fer.	10	
—	Schiste.	22	
		1401	
Décembre.			
1er	Schiste.	12	On a réparé les vis de pression de la tige.
—	*id.*	21	
2	*id.*	10	
—	*id.*	18	
3	*id.*	22	
—	*id.*	17	
4	*id.*	13	
—	Min. de fer.	14	
5	*id.*	10	
—	*id.*	11	
6	*id.*	7	
—	*id.*	7	
7	*id.*	0	
—	*id.*	2	Interruption de travail.
8	*id.* }	1	Outil non engagé. — Glaise tombée.
—	*id.* }		
9	*id.*	3	
—	*id.*	9	
10	*id.*	4	
—	Schiste.	11	L'outil fut pris par un éboulement à une heure de la nuit.
11	*id.*	0	On est parvenu à dégager l'outil à onze heures du matin.
—	*id.*	6	On a réparé les boulons des anneaux de la tige.
12	*id.*	3	
—	*id.*	6	L'outil fut pris par un nouvel éboulement à quatre heures du matin.
13	*id.*	0	
—	*id.*	0	On travailla à dégager l'outil.
14	*id.*	6	
—	*id.*	0	
15	*id.*	0	
—	*id.*	0	On travailla encore à dégager l'outil. Après 26 heures on y parvint.
		1676	

Frais détaillés de l'appareil construit aux mines de Roche-la-Molière pour le sondage à la corde sur la propriété Grangette.

	fr. c.	fr. c.
48 pieds de bois employés aux quatre piliers des engins	15 le cent	7,20
45 pieds chevrons pour barres ou traverses	18	4,50
4 pieds 6 pouces bois pour le tour	40	1,80
1 poulie, bois de chêne		2,00
17 pieds bois pour soles et poteaux du chevalet.	30	5,10
10 pieds chevrons pour liens du chevalet	10	1,00
10 pieds bois grande sole qui traverse le puits pour porter le chevalet	50	5,00
10 pieds bois pour levier	15	1,50
Secteur du levier en bois de chêne		2,00
12 pieds bois (perche élastique)	15	1,80
1 toise plateaux pour le plancher		10,00
1 livre ¾ cuir pour courroie	1,20	2,10
6 pieds tuyaux en bois	1	6,00
28 pieds bois pour moises	0,12½	3,50
56 kil. fer pour ferrures de tout l'appareil	1	56,00
10 journées de charpentier	3	30,00
Total des frais de l'engin		139,50
La corde à laquelle l'outil est suspendu a 1 pouce ¼ de diamètre; elle pèse par toise 2 kil. Poids total 140 kil	1,43	200,20
L'alésoir fait à Roche pèse 26 kil	1,50	39,00
La cuiller pèse 42 kil	1,25	52,50
2 ciseaux pesant ensemble 42 kil	1,50	63,00
94 kil. de tige en fonte	40	37,60
12 kil. cercles en fer pour l'agrandissement du trou	1	12,00
6,37 kil. anneaux et chappes	1,50	9,55
Frais de construction des outils, y compris les cercles de fer pour l'agrandissement du trou		413,85

ESSAI

D'une description géologique et minéralogique du département d'Ille-et-Vilaine.

Par M. A. TOULMOUCHE,

Docteur-médecin à Rennes, membre correspondant de l'Académie royale de médecine de Paris et des Sociétés médicales de Lyon, Nantes, Bordeaux, Caen, Metz, Toulouse, etc.

Dans la publication de ce simple aperçu, résultat d'observations souvent incomplètes, à travers le département d'Ille-et-Vilaine, on n'exigera pas un travail achevé. Limité que j'étais dans mes courses médicales, j'ai quelques droits de réclamer l'indulgence des savans pour cette espèce d'ébauche imparfaite dont de plus habiles observateurs que moi combleront plus tard les lacunes. Avant d'entrer en matière, je dirai d'abord un mot de l'aspect topographique du pays.

Description topographique.

Le département d'Ille-et-Vilaine forme la partie nord-est de l'ancienne province de Bretagne. Il est borné au nord par la Manche, au sud par celui de la Loire-Inférieure, à l'est par celui de la Mayenne et à l'ouest par ceux des Côtes-du-Nord et du Morbihan.

Le sol en est peu montueux. Il offre pourtant quelques collines remarquables, surtout aux points de partage, entre le bassin où coulent l'Ille et la Vilaine et celui que parcourent la Rance et le Couesnon. Elles sont ordinairement dirigées de l'est à l'ouest, séparées par des vallées longitudinales envoyant de fréquens embranchemens

dans d'autres directions. Tout le centre et la partie est offrent un terrain plus plat et des plaines plus étendues.

La Vilaine, qui prend sa source à l'est du département, sur la limite de celui de la Mayenne, le parcourt à travers une large vallée, en se dirigeant à l'ouest; atteint la ville de Rennes, change de direction, se porte vers le sud et se fraie, au-dessous de Pontpéan, une issue entre des collines schisteuses assez élevées, constituant le plateau méridional du département. De là, continuant son cours toujours au sud, à travers la même formation schisteuse, pendant l'espace de sept lieues et demie, elle fait tout à coup un coude au-dessous de Langon, où elle reçoit le Cher, et se dirige vers le sud-ouest. Enfin, au delà de Redon, elle sépare le Morbihan de la Loire-Inférieure et va se perdre dans l'Océan.

Cette rivière, dont la direction, depuis son origine, est à peu près parallèle à la vaste bande des hautes collines de schistes rouges qui, de La Guerche, se portent à Montfort, reçoit dans son trajet les petits cours d'eau du Canlache, de la Neuvre, de l'Ille, du Meu, de la Seiche, du Cher et de l'Oust, qui s'y jette au-dessous de Redon, à travers une assez longue vallée. Ces cours d'eau lui apportent tous leur tribut, dans une direction du nord au sud, en suivant une pente assez faible. Ils prennent la plupart leur source à la base du versant méridional du plateau nord de la Bretagne, versant qui, dans le département d'Ille-et-Vilaine, est représenté par une ligne qui passerait par Saint-Jouan, Hedé, Saint-Christophe, Antrain, etc.

Ce sont ces eaux qui, se portant de toutes parts vers le sud et se joignant à la Vilaine, s'échappent

par l'une des trois ouvertures qui existent sur la côte méridionale de la Bretagne, dans une étendue de plus de 35 lieues, de Pontivy à Vitré; tandis que la Seiche, le Cher et le Semnon coulent dans une direction est-ouest, dans les dépressions ou vallées de la grande bande des schistes rouges, et viennent se jeter dans la Vilaine, presque perpendiculairement à son cours.

Du versant nord, limite du plateau septentrional de la Bretagne, qui, dans le département d'Ille-et-Vilaine, va s'abaissant de plus en plus, à mesure qu'il approche de son littoral, partent, savoir : à l'ouest, la Rance, qui naît dans les Côtes-du-Nord à la base du même plateau, s'approche du département d'Ille-et-Vilaine, dans lequel elle pénètre à un quart de lieue avant Saint-Suliac, ayant son lit encaissé entre des collines peu élevées et son embouchure dans la Manche près de Saint-Malo; plus à l'est, le Biedjean qui se dirige vers le nord et vient se jeter dans la baie de Cancale; puis la réunion des eaux du ruisseau de Cardeguin et d'un autre qui prend sa source un peu au-dessus de Dol, et du canal de Lablanche qui s'y rend également; enfin, le Couesnon qui, formé par le confluent du Nanson, du Loison et de plusieurs autres petits cours au-dessus de Fougères, se porte d'abord de l'est à l'ouest, change de direction à une demi-lieue au-dessous du village de Vieuxvy, où il fait brusquement un coude, court ensuite directement au nord en décrivant une courbe qui depuis, au-dessus d'Antrain, sert de limite au département d'Ille-et-Vilaine et à celui de la Manche; au delà de Pontorson coule sur un sol assez plat et vient enfin se jeter au fond de la vaste baie de Cancale.

Enfin le canal d'Ille-et-Rance, réunissant les eaux de ces deux rivières par un système d'écluses admirablement calculé, les transporte à travers un plateau assez élevé entre Hédé et Montreuil-sur-Ille, et fait ainsi communiquer l'Océan à la Manche en traversant la Bretagne dans sa plus grande largeur, depuis la Roche-Bernard (Morbihan) jusqu'à Saint-Malo, rapprochant ainsi, par un trajet de 45 lieues, deux ports séparés par une navigation de 150 sur une mer souvent orageuse.

La chaîne de collines peu élevées qu'il traverse au bief de partage fait suite à la chaîne plus considérable qui sépare, au nord, le bassin de la Seine de celui de la Loire, traverse le département d'Ille-et-Vilaine à peu près de l'est à l'ouest et le partage, comme je l'ai dit, en deux parties inégales, dont la plus grande au sud forme le bassin de la Vilaine versant ses eaux à l'Océan, et la plus petite au nord, constitue les bassins de la Rance et du Couesnon qui apportent les leurs à la Manche.

Le point de partage du canal, établi sur le plateau de Tanouare, point le moins élevé de toute cette petite chaîne de montagnes, ne se trouve qu'à 77m,45 au-dessus du niveau de la rivière de Rance, à une lieue au-dessous de Dinan.

Description géologique.

La constitution géologique et minéralogique du département d'Ille-et-Vilaine est des plus uniformes. Les masses minérales qui le constituent appartiennent aux deux terrains qu'on désigne sous les noms de *terrain primitif* et *de transition.*

Le premier, formé de gneiss, de protogyne, de granite, de leptinite, de micaschiste, comprend à peu près le tiers de sa surface totale. Le second renferme les micaschistes, les phyllades com-

nuns, amphiboleux, talqueux ou maclifères, les autres roches qu'on y rencontre ordinairement; et en outre, à sa base, une formation complexe de phyllade talqueux : il en forme à peu près les deux tiers. Ainsi le premier groupe, qui constitue presque toute la partie septentrionale du département, présente des granites, des gneiss granitoïdes et autres roches primitives, dont la limite serait représentée par une ligne sinueuse qui, passant par Fougères et Sens, viendrait faire une pointe à Saint-Germain-sur-Ille, et irait regagner Tremens, bourg situé dans les Côtes-du-Nord, non loin de Broons.

Au midi de cette ligne, s'offre le terrain de transition caractérisé par des variétés assez nombreuses de schistes argileux, passant parfois au schiste micacé et alternant avec des quartz grenus, de structure variée, alternance qui se prolonge jusqu'à la limite sud du département.

Cette uniformité est interrompue, dans une certaine étendue, vers l'est de ce dernier, par des couches de *calcaire de transition*, exploitées dans les communes de Gahard, d'Izé et de Saint-Aubin-d'Aubigné; et ailleurs, par plusieurs autres dépôts calcaires de *formation tertiaire récente*, recouvrant le terrain de transition dans cinq points différens, savoir : au village de Lachaussairie, à celui de Saint-Grégoire, dans un endroit de la commune de Gahard, dans celle de Feins et dans la forêt du Pertre.

Quelques îlots de granite, traversant les couches de ce terrain, se montrent encore à Couasmes, à une petite lieue au nord-est de Rennes, de même qu'un peu au nord de Vitré, à Dol, à Hedé et dans plusieurs autres points du sol.

A trois et à cinq lieues de la même ville, les quartzites occupent le sommet des coteaux qui circonscrivent irrégulièrement la large vallée de la Vilaine, et les schistes argileux ou tégulaires le fond des vallons, comme on peut s'en convaincre en explorant la colline de Poligné, Saint-Aubin-d'Aubigné, etc.

Pour mettre quelque ordre dans la description des terrains, je décrirai : 1° le primitif; 2° celui de transition; 3° le tertiaire; 4° et enfin celui de transport ou d'alluvion.

Terrain primitif.

La formation granitique qui circonscrit la vallée au milieu de laquelle se trouve la ville de Rennes, après avoir constitué la partie septentrionale du département de la Mayenne, gagne celui d'Ille-et-Vilaine, où elle se montre à Fougères, au village de Saint-Mard-le-Blanc, à Sens; s'avance vers Saint-Germain-sur-Ille, reparaît à Hedé, à Dol, à Saint-Jouan, à Saint-Servan, entre dans le département des Côtes-du-Nord, où on la retrouve au bourg de Tremens, et se continue jusqu'à l'extrémité de la presqu'île bretonne.

Elle reparaît encore en quelques points de la lisière ouest de l'Ille-et-Vilaine, comme à Bacherel, endroit le plus culminant, au delà duquel les roches sont stratifiées ou alternent avec celles à stratifications distinctes, et dont l'élévation au-dessus du niveau de la mer, calculée approximativement, a été reconnue être de 125 mètres.

A Pleguen et dans les environs, se voient de nouveau des blocs énormes de granite détachés, de même qu'à Quebriac, à une lieue et quart au nord de Hedé, où l'on retrouve la même formation granitique qui, au sud de cette commune,

rejoint la bande qui constitue tout le littoral méridional de la Bretagne, après avoir couru parallèlement à la Loire et s'être rapprochée de la limite sud du département d'Ille-et-Vilaine, comme on peut s'en convaincre au delà de Redon.

Toute la région nord de ce dernier, qui est la plus étroite, bornée au septentrion par la Manche, comme resserrée entre les Côtes-du-Nord et le département de la Manche, et qui au delà s'élargit brusquement, est formée en grande partie de terrain primitif.

Ainsi, depuis Dinan jusqu'à la rivière du Couesnon, les roches granitoïdes se montrent de loin en loin, au milieu du terrain de transition. Elles consistent en un granite à grain fin, d'une couleur gris bleuâtre ou verdâtre, contenant de petites parcelles de talc verdâtre, quelquefois de l'amphibole et des pyrites magnétiques visibles avec le secours de la loupe, et dont la présence est annoncée par leur action sur l'aiguille aimantée. Ce granite est toujours associé aux roches amphiboliques, qui y forment ou d'énormes filons ou des amas contemporains.

On peut observer cette formation à Combourg-la-Hedé. M. Boblaye pense que ces granites pourraient appartenir, comme ceux de Saint-Brieuc, à la formation des diabases magnétiques du terrain des phyllades anciens, étant comme eux constamment associés à l'amphibole et contenant du fer oxidulé.

En remontant la Rance vers Dinan, on ne trouve plus que des granites talqueux ou des gneiss granitoïdes, dans lesquels le talc remplace souvent le mica.

Entre Tremeheuc, situé à une lieue et quart au

nord de Combourg, et Noyal, on retrouve les granites en gros blocs perçant çà et là le sol, de même qu'à Dingé, à une lieue nord du bief de partage du canal d'Ille-et-Rance, et à Cadroc, au sud de Becherel.

Saint-Malo, à 17 lieues au nord de Rennes, est bâti sur un rocher granitique faisant partie de la chaîne qui, en se dirigeant vers l'est, borne la vaste baie de Cancale et pénètre dans le département de la Manche, après avoir envoyé quelques petits embranchemens à Dol, à Antrain, etc. La roche a plutôt l'aspect du gneiss granitoïde et renferme du mica foliacé argentin en lames assez grandes.

Les environs offrent aussi des syénites, des pegmatites, des micaschistes et des psammites granitoïdes. Des diorites se montrent souvent en gisemens assez incertains. Ils sont d'une couleur bleue foncée tirant sur le vert, d'une cassure très brillante, grenue ou sublamellaire. Le feldspath n'y est pas très apparent. On les voit fréquemment en contact avec le gneiss granitoïde sur la route de Saint-Malo à Cancale.

Le Mont-Dol et la petite vallée du même nom, de cinq lieues plus rapprochée de Rennes, offrent un exemple d'un îlot assez élevé de granite. Le diorite se rencontre en cailloux roulés dans les vallées qui l'environnent.

A Antrain, cinq lieues plus au nord-est, le terrain continue à être granitique. Cependant il est en général recouvert, surtout dans le fond des vallées, de schistes argileux qui, dans beaucoup de points, sont maclifères. Le granite affecte une couleur jaune, et son feldspath, en commencement de décomposition, passe presque au kaolin.

A Saint-Mard-le-Blanc, à trois lieues et demie plus au sud, la même roche change de texture et de couleur, devient beaucoup plus dure, à grain plus fin, sans cristaux distincts de feldspath. Le mica y est bronzé, à reflets brillans; le quartz y devient prédominant, mais à petits grains. Sa cassure fraîche est bleuâtre, mais passe bientôt au jaune d'ocre. On y rencontre quelquefois des nids de mica ou de diorite, du fer oxidulé et de la pinite.

A Hedé, à cinq lieues et demie au nord de Rennes, reparaissent les granites, dans quelques parties desquels j'ai rencontré la dernière substance.

Les buttes de Couasmes, à trois quarts de lieue est de Rennes, ne font qu'un îlot isolé de granite gris-bleuâtre, qui ne tarde pas à prendre à l'air une teinte verdâtre, renferme souvent du fer sulfuré, et, dans quelques points, passe à l'eurite granitoïde.

A Château-Giron, trois lieues sud-est de Rennes, j'ai trouvé des eurites en commencement de décomposition, unis soit au fer hydraté, soit à l'épigénique.

Il existe, en outre, dans la partie est et nord-est du département, une formation complexe particulière à une région de la Normandie et de la Bretagne, composée de granite et de roches maclifères régnant entre Avranches et Fougères. Elle consiste dans des alternances de granite et de roches compactes de macles, de micaschistes et de gneiss maclifère.

A Saint-Brice et à Louvigné-du-Désert, ce gneiss est très feldspathique, passe même quelquefois à la structure granitoïde, sans cesser d'être pénétré

de petites macles de la variété monochrôme. Il s'appuie sur le granite bleuâtre de la route de Fougères. Dans cette localité, ces roches sont associées à des diorites, au contact des micaschistes et des phyllades anciens, au milieu desquels le quartz devient souvent opaque ou légèrement translucide, d'un blanc laiteux ou bleuâtre et d'un éclat gras; il s'y trouve abondamment répandu en petits filons ou en amas disséminés.

A une demi-lieue au nord de la Guerche, perce également un îlot granitique.

Au nord de Vitré, on en voit également une bande assez prolongée, d'à peu près deux lieues de longueur sur un quart de largeur.

Presque toute la forêt du Pertre repose sur la même roche, au-dessus de laquelle on remarque, au milieu des schistes, un petit lambeau de calcaire tertiaire.

Terrain de transition. La plus grande partie du département d'Ille-et-Vilaine est formée de terrain de transition. Ainsi, la plupart de ses longues collines sont constituées par des schistes anciens, des phyllades passant aux schistes micacés ou à la grauwacke, de couleur tantôt rougeâtre, tantôt grisâtre ou verdâtre.

On y observe une vaste bande de schistes d'un rouge lie de vin, qui va se perdre au delà de ses limites dans le département des Côtes-du-Nord. Elle pénètre par la Guerche dans celui d'Ille-et-Vilaine, le traverse dans les communes du Teil, de Janzé, d'Orgères, de Pontreau, de Mordelles, de Montfort. Elle borde la vallée de Rennes dans toute sa partie sud, excepté dans le point si étroit au-dessous de Pontreau, à travers lequel la Vilaine se fait jour.

On remarque dans toute l'étendue de cette formation schisteuse des vallées suivant sa direction, et souvent le sommet de ces vastes collines se termine en plateaux étendus, comme celui qui se trouve entre La Guerche, Vitré et Châteaugiron.

Tout le terrain de transition de la vallée de la Vilaine s'étend vers le nord jusqu'aux environs de Fougères, et dans quelques points atteint presque le littoral. Il est formé de schistes et de quartzites, d'une grauwacke terreuse grise ou verdâtre et de phyllades tendres et fissiles. Il est stratifié dans une direction ouest-nord-ouest, les couches plongeant au nord.

Vers Bain, un plateau se détache de la large bande schisteuse dont j'ai parlé, et offre immédiatement au-dessus des phyllades anciens une formation de schistes ardoisés avec phyllades communs ou micacés et grès quartzeux, alternant ensemble pendant cinq à six lieues. Les premiers occupent le fond des vallées longitudinales qui sillonnent tout ce vaste plateau. Ils contiennent une grande quantité de rognons plus ou moins volumineux de fer sulfuré, entourés de chaux sulfatée fibreuse, ou traversés par de petites veines de gypse anhydre.

Les quartzites sont à petits grains et probablement un peu feldspathiques, tantôt d'un gris blanchâtre ou blancs, tantôt rouges et à grain très serré. Ils contiennent souvent des empreintes de bivalves et des tubulures cylindriques, perpendiculaires aux plans des couches.

Ce sont surtout les phyllades micacés et communs qui se montrent riches en fossiles (trilobites et calymènes de Tristan), qui ont été décrits et fidèlement représentés par MM. Brongniart et

Desmarest, dans leur ouvrage intitulé : *Histoire des crustacés fossiles*. Ceux au nord de Baineu renferment le plus, ainsi que des asaphes et des ogygées : enfin, dans une couche qui s'étend de Fougeray à Châteaubriand, en passant par la Hunaudière, on trouve un grand nombre de productus et quelques moules intérieurs de cardites. « Tout ce terrain, observe M. Boblaye, dans la » description assez exacte qu'il en a donnée, est » remarquable par la régularité de ses strates, leur » alternance répétée, la séparation bien distincte » des matières qui composent l'ardoise, les phyl- » lades et le grès (quartzites), l'absence de tous » fragmens et cailloux roulés d'un certain volume, » et enfin l'abondance des êtres organisés. Tout » annonce dans l'époque de sa formation ordre et » repos. »

Dans le terrain psammitique qui succède au précédent, tous les élémens des roches ci-dessus se trouvent au contraire confondus, et il s'y joint des grains roulés et même fragmentaires d'un assez gros volume. La masse presque entière est colorée en violet. Les couches assez rares de schiste ardoise, ne sont plus d'un bleu foncé, mais deviennent rougeâtres ou verdâtres et se rapprochent souvent de l'argile schisteuse. C'est cette bande violette qui forme tout le sol de la forêt de Paimpont et s'étend à l'est jusqu'au delà de la Guerche.

La roche dominante est un psammite schistoïde (grauwacke), à grains très fins de quartz, unis par un ciment coloré en violet foncé. Très micacée dans sa partie supérieure, elle contient un grand nombre d'empreintes vermiculées, aplaties légèrement, dont elle paraît quelquefois entièrement formée. (Carrières de la Leunières près Montfort.)

Elle alterne avec des grès à gros grains, les uns à pâte rougeâtre, les autres à ciment chlorité.

Tout-à-fait au delà des limites de la partie sud-est du département, on trouve des schistes tégulaires, du fer hydraté engagé dans des couches d'argile occupant les points les plus élevés, et traversé par des galets de phtanite veinés de quartz; et au fond des vallées, une argile presque pure, reposant sur des lits de grès ferrifère qui alternent avec des poudingues de la même roche vulgairement appelés *Renard*.

La colline de Poligné, qui avait été regardée comme d'origine ignée, jusqu'à l'époque où des recherches plus exactes et plus récentes ont fait connaître que ses roches ont été altérées par la décomposition des pyrites qu'elles contenaient, n'est qu'une longue bande de schistes ampéliteux, se dirigeant de l'est-sud-est à l'ouest-nord-ouest et reparaissant au sud de Martigné-Fer-Chaud. Elle est à peu près parallèle à une seconde qu'on rencontre vers le nord du département d'Ille-et-Vilaine, à Saint-Mervé, d'où elle se porte dans une partie de la Mayenne, où, d'après l'observation de M. Blavier, ingénieur des mines, elle semble tracer les dernières limites de son terrain anthraciteux. Il n'y a rencontré de grès proprement dit qu'à Montfront et à la Bacanière; car les quartz grenus blanchâtres, si abondans partout ailleurs et qui en portent le nom, n'en sont pas.

On a même fait dans cette commune de Saint-Mervé, arrondissement de Vitré, et dans la direction probable des couches d'anthracite de la Mayenne, pour y en rechercher le prolongement, des tranchées et des puits dans les couches verticales ou très inclinées des schistes anciens, qui, en

général, affectent cette disposition dans la plus grande partie du département d'Ille-et-Vilaine. On y a découvert une bande de schistes ampéliteux, qui semble borner au nord le vaste bassin anthraciteux de la Mayenne qui viendrait se terminer en pointe dans cette localité.

A l'ouest de Poligné, à peu près à un quart de lieue, existe une carrière de schistes ardoises, de médiocre qualité, en pleine exploitation. Les schistes carburés et ceux qui sont passés à l'état de thermantide tripoléenne, sont employés dans le pays, les premiers, sous le nom de *pierre noire*, aux divers tracés; les seconds, sous celui de *tripoli*, aux usages de cette dernière substance.

A Bourg-des-Comtes, cinq lieues et demie au sud de Rennes, se voient, au-dessus des schistes anciens et dans un ordre peu stable, des psammites, des phyllades passant au stéaschiste, des schistes rouges graphiques, des brèches quartzo-psammitiques, des quartzites rouges contenant du fer hématite, des bancs très épais de schistes tégulaires, se dirigeant de l'est à l'ouest, carburés dans quelques points et en couches presque verticales. Tout porte à croire qu'ils sont la terminaison des schistes ampéliteux de Poligné. J'ai aussi trouvé, dans les environs, des diorites noirâtres avec cristaux réguliers de fer sulfuré, et des grauwakes avec traces de plomb sulfuré.

A Plechatel, deux lieues plus au sud, où se retrouve la grande bande des schistes rouges, on observe des quartzites de la même couleur, d'autres blanchâtres, des psammites micacés passant à la brèche psammitique, comme dans la localité précédente et les environs de Montfort. Dans les veines de quartz blanc, qui traversent souvent le

quartzite rouge, j'ai rencontré du fer oligiste lamellaire brillant. Enfin, dans le voisinage, se trouve abondamment du fer hydraté qui alimente le haut-fourneau du Plessis-Bardoux. Il est probable qu'il n'est que la continuation de la bande de minerai semblable qui existe à Rougé (Loire-Inférieure), entre deux couches de quartz grenu.

A Guichen, plus vers l'ouest, reparaissent les schistes rouges et des quartzites très durs, en bancs assez puissans pour être exploités en grand pour le pavage de la ville de Rennes.

Les premiers continuent à se diriger vers l'ouest, en traversant les communes de Goven, de Bréal, de Taleusac, de Montfort et Paimpont; tandis que la même formation se porte à l'opposite dans une direction sud-est, à travers celles de Janzé, de Retiers, de Teil, pour pénétrer par la Guerche dans le département de la Loire-Inférieure.

De Guignen à Maure, toujours en se dirigeant vers l'extrémité sud-ouest de l'Ille-et-Vilaine, les schistes sont recouverts d'espace en espace de poudingues quartzo-psammitiques, quelquefois en longues bandes se dirigeant du nord au sud, se dessinant partout parfaitement à l'est du bourg de Sixt et à Saint-Malo-de-Philis, sur la rive droite de la Vilaine, où elles forment des rochers de 30 à 35 mètres de hauteur. La direction générale de ces formations schisteuses, souvent couronnée par des quartzites, est, de même que pour la région sud du département, du sud-est au nord-ouest.

A Argentré, à Piré, à Amantix et à Saint-Armel, reparaissent en longues bandes les phyllades grisâtres passant au psammite quartzeux et ne tardant pas à s'appuyer sur les schistes rouges qui, comme on l'a dit, pénétrant par la Guerche, tra-

versent au sud l'Ille-et-Vilaine, pour se diriger ensuite de l'est-sud-est à l'ouest.

A Retiers, huit lieues sud-est de Rennes, ces mêmes phyllades rouges passent souvent à la brèche psammitique. J'ai rencontré dans la même localité, l'aphanite en cailloux roulés, des psammites quartzeux, des micaschistes passant au quartz micacé et une brèche anagénique à fragmens schisteux.

A Martigné-Fer-Chaud, tout-à-fait à la limite sud-est du département, se rencontrent au-dessus des schistes des couches étendues de fer hydraté qui alimentent deux hauts-fourneaux; tandis que la région ouest, bornée par les Côtes-du-Nord et le Morbihan, est formée de phyllades anciens adossés ou appuyés sur les granites, au-dessus desquels on trouve immédiatement la formation des schistes ardoises en couches obliques plus ou moins inclinées du sud au nord, puis des phyllades micacés avec quartzites alternans; enfin, çà et là, quelques îlots granitiques détachés de la circonscription ouest du grand bassin.

Dans tout l'arrondissement de Redon, ces schistes tégulaires sont exploités en grand et fournissent d'ardoises le département et une partie de celui du Morbihan.

La roche dominante de tout le sol de la forêt de Paimpont est une grauwacke (psammite schistoïde) formée de grains fins de quartz unis par un ciment argileux coloré en violet foncé, contenant beaucoup d'empreintes vermiculées, aplaties, légèrement contournées, quelquefois en telle abondance qu'elle en paraît toute formée. Elle est recouverte par places de couches de fer hydraté limoneux, qu'on exploite depuis long-temps et

qui alimentent le plus bel établissement de la Bretagne. Ce fer se rencontre à l'état globuliforme, géodique et enfin à l'état d'hématite. Il est argileux, de formation alluviale, au milieu de bancs d'argile, en petits rognons : il est presque entièrement épuisé et complétement différent de celui de Rougé.

A Coatquedan, à trois lieues sud-ouest de Paimpont, on voit une bande de minerai de fer oxidé rouge, entre des couches de quartz, totalement différent du précédent, tandis qu'à raison de son analogie géologique, elle semblerait être la continuation de celui de Rougé, bien qu'il en diffère minéralogiquement, étant oolithique, d'une texture serrée, très dur et donnant une poussière rouge.

Aux environs de Montauban, huit lieues à l'ouest de Rennes, on rencontre le quartz blanc d'aspect gras, et le quartz irisé, gris-bleuâtre, subrésinoïde, au-dessus des bandes de schistes argileux appartenant aux terrains intermédiaires.

A une demi-lieue de Montfort, on voit les phyllades rouges s'appuyer obliquement sur les schistes anciens ou tégulaires, dont la direction est presque verticale.

A Quedillac, Medréac et Saint-Meen, la grande formation schisteuse se dirige du nord au sud pour aller se perdre, partie dans les Côtes-du-Nord, partie dans le Morbihan : les couches superficielles sont argileuses et feuilletées.

Non loin de Saint-Jouan et sur les bords de la Rance qui forme à peine là un ruisseau, les coteaux offrent dans les rochers de *la Blonde* un exemple de masses de quartzite gris qui traverse de grosses

veines de quartz blanc, se dirigeant du nord au sud par bandes inclinées de dix degrés.

A Romazy, à sept lieues et demie au nord-est de Rennes, j'ai trouvé, dans des échantillons qui me furent apportés en 1830 par un carrier, du cuivre pyriteux et carbonaté vert et bleu, disséminé dans une gangue de quartzite gris schistoïde. Des fouilles faites, en ce moment, dans cette localité, par M. Blavier, ingénieur des mines du département, dans le but de connaître la proportion de ce minéral, lui ont fait découvrir, sur les indications que je lui avais données, un banc cuprifère dont la richesse paraît augmenter à mesure qu'on parvient plus profondément. Dans les environs reparaissent les schistes tégulaires.

Au point de partage du canal d'Ille-et-Rance, qui fait partie de la chaîne granitique qui sépare le bassin hydrographique de la Vilaine et de ses affluens, de celui de la Rance et du Couesnon, se présentent, au-dessus des granites, des bancs puissans d'argile blanche lithomarge ou légèrement chloriteuse, et çà et là, des rognons assez volumineux d'une roche composée de fer hydroxidé à fragmens liés par le talc stéatite blanc.

A Saint-Aubin-d'Aubigné, les quartzites blancs reparaissent de distance en distance sur les points élevés du terrain de transition, tandis que les schistes continuent à occuper les plus bas. On a rencontré, dans un bloc des premiers, des veines d'antimoine sulfuré parfaitement pur.

A Saint-Germain-sur-Ille, à une lieue sud-ouest de la précédente commune, on remarque de longues collines de quartzite ou grès quartzeux exploitées dans cette partie du département, dans lesquelles on distingue le grès quartzeux primitif

et le grès ferrifère, l'un et l'autre renfermant un nombre considérable d'empreintes de productus.

Ce serait peut-être ici le lieu de faire remarquer que l'espèce de matière blanchâtre qui semble lier entre elles les molécules quartzeuses des nombreuses variétés de quartzites, si abondamment répandus dans les couches supérieures du terrain de transition, pourrait bien être un indice qu'ils sont un peu feldspathiques; cette matière ne serait alors qu'un commencement de décomposition ou de passage du feldspath à l'état de kaolin, altération qui du reste devient tout-à-fait évidente dans certains cas. Cette opinion est aussi celle de M. Blavier, qui s'est spécialement occupé de l'examen de ces roches.

A Liffré, le sol est presque entièrement formé, du moins à la superficie, de fer hydraté plus ou moins argileux, de formation alluviale ou tout-à-fait récente.

En général, la direction ordinaire des schistes argileux ou micacés, des quartz grenus, des roches diabasiques et des calcaires de transition de toute la région nord du département ou celle qui avoisine les granites, est du nord-est au sud-ouest.

A Cesson, à une lieue est de Rennes, on retrouve les couches de schistes dans les carrières de Braie, sur la rive gauche de la Vilaine. Leur direction est de l'est à l'ouest. La coupe, qui permet d'en étudier la stratification, présente d'abord un schiste argileux, feuilleté, jaunâtre, auquel succède une couche plus dure, d'une couleur grise, légèrement bleuâtre, puis une sorte de psammite à grains quartzeux grisâtres, assez serrés, séparés çà et là par des bandes très minces de quartz amorphe, comme carié par les filtrations d'eau chargée d'ar-

gile jaunâtre, qu'elle dépose dans ses cellulosités.

C'est au milieu d'une grauwacke grise ou verdâtre que gisent, à Pontpéan, les filons autrefois si riches de plomb sulfuré argentifère, gisement tout-à-fait analogue à celui de Poullaouen, dans le Finistère. Plus résistans que les roches au milieu desquelles ils se trouvaient, ils avaient survécu à leur destruction et s'élevaient comme un mur au milieu des alluvions de la petite rivière la Seiche. Quoique l'exploitation de cette mine ait été abandonnée depuis près de quarante ans, on rencontre encore dans ses déblais une grande quantité de plomb qu'on abandonnait dans la gangue, une quantité plus considérable de zinc sulfuré radié, ou en petits cristaux ternes passant souvent au zinc sulfaté, une substance jaune ressemblant à du soufre, mais qui chauffée devient attirable à l'aimant, et n'est qu'un persulfate de fer, quelques cristaux rhomboédriques de chaux carbonatée à la surface de morceaux de quartz; enfin, de petites masses de goudron qui, après avoir été long-temps enfouies, s'être altérées profondément et avoir entraîné des matières pierreuses, avaient été décrites par des observateurs peu instruits (pour ne rien dire de plus) comme bois fossile et bitumineux. On rencontre aussi beaucoup de fer sulfuré blanc radié, passant au fer sulfaté.

Ce qui prouverait combien les opérations métallurgiques étaient mal conduites à l'époque où cette mine était en activité, c'est que, dans les scories répandues si abondamment sur toute la surface du sol, on trouve encore 15 à 20 p. 100 de plomb qu'on perdait de la sorte; et que dans les plombs vieux, provenant de la même mine et qui recouvrent les anciennes maisons de la ville de Rennes

et ses édifices publics, on reconnaît également une proportion assez forte d'argent.

A Châteaubourg, à cinq lieues à l'est, se retrouvent, au-dessus des schistes à grands feuillets, plus ou moins durs et luisans, qui y sont exploités comme ardoises, des phyllades tendres, ternes, fissiles et souvent micacés; ensuite des quartz gris-bleuâtres, irisés, subrésinoïdes, disséminés, et des diorites porphyroïdes en cailloux roulés. Il existe une autre commune dans les environs de Vitré, où les schistes tégulaires sont l'objet d'une vaste exploitation.

Calcaire de transition.

Le calcaire de Gahard, commune située à six lieues nord-est de Rennes, est la terminaison d'un calcaire de transition du département de la Mayenne, circonscrivant un bassin très étendu d'anthracite de ce dernier, de forme à peu près triangulaire, dont la base, d'après les recherches de M. Blavier, serait indiquée par une ligne dirigée du nord au sud entre Sablé et Sellé-le-Guillaume (Sarthe); tandis que son sommet viendrait se terminer dans le département d'Ille-et-Vilaine, vers Saint-Aubin-d'Aubigné et la précédente localité, ou à 28 et 30 lieues de son origine.

Cette chaux carbonatée, comme plus ancienne que celles dont je parlerai plus bas, doit être rapportée et décrite en traitant des terrains de transition. Ce calcaire est d'une couleur grise, passant au noir foncé, madréporique, bituminifère, renfermant des spirifères, traversé çà et là de veines blanches de chaux carbonatée lamellaire, ou avec indices de la forme primitive, tandis que partout ailleurs, sa texture est demi-cristalline et susceptible d'être polie et travaillée comme le marbre. Le même banc contient des térébratules, dans les

portions exploitées dans la commune d'Izé. A Gahard, il est en couches inclinées, alternant avec des schistes en stratification concordante. Son identité avec le calcaire de la Mayenne, dont il n'est que la continuation, doit donner l'espoir de rencontrer, dans cette localité ou ses environs, quelque affleurement d'anthracite. Le fer hydraté est très abondant à la superficie de tout ce terrain.

En général, la formation des schistes ardoises, des grès quartzeux et des phyllades de la Bretagne, doit être regardée, de même que les schistes d'Angers, si riches en trilobites, comme identique avec celle des Ardennes. Elle repose comme elle sur le phyllade primitif. M. Elie de Beaumont attribue le redressement des couches d'un système de montagnes, dont font partie les côtes sud-ouest de la Bretagne, à une révolution de la surface du globe arrivée entre la période du grès bigarré, du muschelkalk, des marnes irisées, et celle du dépôt du terrain jurassique; selon le même géologue, le redressement de sa côte septentrionale, est dû à une révolution semblable survenue entre la période du dépôt du calcaire jurassique, et celle du dépôt du grès vert et de la craie.

Terrain tertiaire.

Il existe dans le département d'Ille-et-Vilaine quatre dépôts de calcaire de *formation tertiaire récente*, recouvrant en quatre points différens le terrain secondaire, savoir : au village de la Chaussairie, à Saint-Grégoire, à Feins et dans la forêt de Pertre.

M. J. Desnoyers, dans un mémoire intitulé : *Observations sur un ensemble de dépôts marins plus récens que les terrains tertiaires du bassin de la Seine*, publié en 1829, dans les Annales des

Sciences naturelles, après avoir rapproché les tufs coquillers des marais du Cotentin, ceux de la vallée de la Rance, de la Vilaine et de la Loire, depuis son embouchure jusqu'en Sologne, avait reconnu, au sud-ouest de Rennes, quelques lambeaux d'un terrain formé de couches marines et fluviatiles, semblable, par sa nature et sa position physique, aux formations du bassin de la Seine, mais plus récent que ces dernières. Il leur avait assigné comme caractère, la présence d'ossemens de grands mammifères mélangés de corps marins, dans des dépôts de même nature ou d'alluvions, et avait été ainsi amené à proposer de les désigner sous le nom de quaternaires, ou plutôt, dans la crainte qu'on n'abusât de cette nouvelle dénomination, sous celui de terrains tertiaires récens.

Le premier dépôt est un bassin calcaire exploité au village de la Chaussairie et aux environs de Pontpéan, à deux lieues et demie au sud de Rennes, s'étendant du nord au sud sur une longueur de sept à huit mille mètres, et sur une largeur moyenne de deux mille, depuis la rivière de la Seiche, qu'il limite entre les moulins du Bois et du Haut-Carré, jusqu'au Pas-Hubert, commune de Saint-Jacques; il offre sa plus grande largeur entre les villages de Touche, commune de Chartres, et de Champ-Miguel, commune de Bruc; sa plus grande longueur est dirigée du nord au sud, en sorte qu'il affecte à peu près la forme d'une poire, dont la queue viendrait se terminer à Saint-Jacques, où sa puissance n'est que de douze mètres; il y est recouvert d'un banc d'argile et de marne; et repose sur une argile bleuâtre.

A la Chaussairie, le bassin en est bien plus développé. Une coupe verticale a permis d'y étudier

parfaitement la disposition de ses couches. Ainsi, en procédant de haut en bas, on rencontre

1° A 0m,70 de profondeur, une terre végétale un peu calcaire ;

2° à 1m,50, une argile verdâtre ;

3° à 3m,50, un calcaire grossier ;

4° à 4m,50, une marne argileuse renfermant quelques cristaux trapézoïdes de gypse ;

5° à 5m,50, une marne blanche ;

6° à 8 mètres, un calcaire devenant de plus en plus dur;

7° à 9 mètres, une argile d'une époque postérieure à celle du bassin de Paris : M. Blavier la croit contemporaine de cette dernière.

8° à 9m,30, un calcaire marin en couches horizontales;

9° à 9m,50, un petit lit d'argile tendre ;

10° à 10m,50, un calcaire très dur ;

11° à 14m,50, une argile d'abord jaunâtre, puis devenant bleue, employée par les potiers, regardée à tort comme tertiaire, tandis qu'elle n'est que le résultat de la décomposition spontanée des schistes de transition qui supportent le bassin calcaire que je décris, et constituent la majeure partie du sol du département d'Ille-et-Vilaine.

On trouve dans le calcaire marin des empreintes de cônes, de nummulites, de calyptrées, de tellines, de cerites, de milliolites et des oursins; on a rencontré aussi dans quelques points de la strontiane sulfatée.

On convertit ce calcaire en chaux ordinaire et hydraulique assez estimées : le combustible employé à cette opération est le bois.

On remarque de la sorte trois dépôts successifs. Le premier composé de bancs, de dureté variable, d'un calcaire marin, coquillier grossier (cerites, peignes, petoncles;) le second, d'un calcaire compacte, dans lequel on ne rencontre point de fos-

siles, que sa texture fine et unie et les propriétés hydrauliques de sa chaux doivent faire regarder comme d'eau douce; enfin le troisième, d'un calcaire très siliceux, recouvrant les deux précédens, souvent parallèle aux dépôts de sable qu'on voit dans le voisinage, en sorte qu'il y aurait eu alternance et mélange parfois du calcaire grossier marin avec le calcaire d'eau douce ou marin.

M. Desnoyers dit avoir reconnu, au sud-ouest de Rennes, quelques lambeaux d'un terrain formé de couches marines et fluviatiles, très distinct, autant par sa nature que par sa position, de ceux décrits dans son mémoire, et qu'il regarderait comme de l'âge des faluns, tandis que le calcaire grossier de la Chaussairie serait contemporain de celui de Paris.

Un second dépôt de calcaire tertiaire, beaucoup moins étendu que le précédent, existe dans la commune de Saint-Grégoire, à trois quarts de lieue au nord de la même ville, présentant des espèces intermédiaires en quelque sorte entre le dernier terrain marin du bassin de la Seine, et les terrains les plus récens, ou entièrement identiques avec ceux de nos mers et surtout des mers les plus voisines. Ce calcaire y passe fréquemment au calcaire sableux. Il est remarquable par la présence des glossopètres ou dents de squales (squales cornubiens, ferox lamia de Blainville) assez petites, qui s'y trouvent par milliers, abondance qui ne peut s'expliquer que par le grand nombre de dents qui garnissent une seule mâchoire de ces animaux, et par celle des côtes fossiles de mammifères marins (lamentins, phoques, morses, dauphins) qui s'y trouvent dans une parfaite conservation, mais le

plus souvent éparses et isolées; tandis que les coquilles y sont en partie presque entièrement décomposées, comprimées, ou à l'état crayeux. Les seuls têts de peignes, de paulopsis, de petoncles, de solarium, etc., y sont parfaitement conservés, de même qu'on y reconnaît très bien des cellépores, des favoisites globuleuses, des rétépores, des millepores, etc.

Ce calcaire paraît être plus madréporique que celui de la Chaussairie.

Les coquilles fossiles sont presque toutes les analogues de celles qu'on trouve encore aujourd'hui sur la côte septentrionale du département d'Ille-et-Vilaine et de celui des Côtes-du-Nord. Les analogies les plus fortes porteraient donc à considérer ce petit dépôt calcaire comme de formation postérieure à celui de Pontpéan, et pouvant être par ses caractères rapporté à ceux désignés par M. Desnoyers sous le nom de quaternaires ou tertiaires récens. Ces bancs paraissent être assez inégalement distribués dans les bassins, pour que ce géologue ait pu chercher des successions d'âge entre eux et les rapporter à l'époque des faluns, c'est-à-dire de les considérer comme supérieurs au terrain d'eau douce supérieur de la Beauce.

Les exploitations qu'on avait commencées dans la localité que je décris ont été interrompues, à cause des mauvaises qualités que le grand nombre de petits grains de quartz que contient ce calcaire imprimaient à la chaux qu'ils rendaient trop maigre.

A Feins, à cinq lieues et demie au nord de Rennes, on rencontre un bassin très peu étendu de calcaire secondaire analogue à celui de transition de la Mayenne, qui probablement fut exploité autrefois, comme le démontrent les excavations

nombreuses qu'on aperçoit dans toute cette localité.

A Gabard, un pareil dépôt déjà décrit et également fort restreint, remplit le fond d'une vallée profonde creusée dans les phyllades argileux.

Enfin, dans la forêt de Pertre, à la limite est du département, existe un lambeau de calcaire analogue à celui de la Chaussairie.

En général, les calcaires coquilliers de l'Ille et-Vilaine, reposent depuis la mer jusqu'à une distance plus ou moins grande dans les terres, sur le gneiss, les diorites, les phyllades. Ces dépôts tertiaires récens qui ne sont pas recouverts, sont peu éloignés de la mer. Ils ne paraissent pas s'élever à plus de 150 mètres; souvent même cette élévation est beaucoup moindre, comme à Dinan et à Rennes. Il est difficile de décider s'ils ont conservé leur niveau primitif ou s'ils ont subi un affaissement. Tout porte à croire que, dans quelques endroits de la Bretagne ils auront été déposés après l'excavation des principales vallées.

M. Desnoyers pense que les bassins de plusieurs de ces vallées, ouvertes sur la côte, sont contemporains des bassins méditerranéens les plus modernes, qu'ils ont été formés dans des eaux peu profondes, en séries tantôt prolongées, tantôt interrompues dès le commencement ou vers le milieu seulement, ou enfin beaucoup plus tard, vers la fin de la période.

Les caractères qu'il a assignés à ces terrains, ont été : de présenter des agrégats de sables et de graviers quartzeux et coquilliers, plus ou moins grossièrement cimentés par une sorte de gluten, tantôt calcaire et blanchâtre, tantôt terreux, argileux et ferrifère, d'où résulte une texture lâche et

poreuse, tufacée; ce ciment peut d'ailleurs manquer, prédominer ou être isolé.

Les calcaires à pecten et à dents de squales de la vallée de la Vilaine, ne seraient-ils pas analogues à la mollasse du système tertiaire du village de Clermont, décrit par M. Elie de Beaumont, de même qu'à celle de plusieurs localités de la Suisse (formations que M. Brongniart a rapprochées des terrains de sédimens supérieurs des environs de Paris), et enfin au grand système de mollasse coquillière qui s'étend dans une partie des départemens de Vaucluse, des Bouches-du-Rhône, de l'Hérault, et que, depuis les savantes recherches de MM. Marcel de Serres et Desnoyers, on s'accorde à rapporter aux dépôts tertiaires les plus récens? Tout porte à le croire.

« Pendant la période des bassins tertiaires de » l'ouest de la France, dit ce dernier géologue, tout » fait penser que les grands bassins de nos mers » n'étaient pas loin de leurs limites actuelles, et que » ces formations occupaient des golfes ouverts de » leur côté, des détroits d'anciennes vallées dont » les bords, souvent très sinueux, sont nettement » limités et appartiennent à des terrains de toutes » les époques. Le plus souvent, ces dépôts sont » dans un même bassin, très morcelés, discontinus, » disséminés par lambeaux isolés. En dehors, le » sol est lacustre et continental, et offre parfois » les falaises qui formaient les barrières des mers » de cette période. Les petits bassins des vallées » de la Rance et de la Vilaine, en Bretagne, ne » pénètrent que de quelques lieues dans l'inté- » rieur du sol secondaire ou intermédiaire.

» Ces dépôts marins, contemporains, ces forma- » tions tertiaires récentes, ont été formés sous des

» eaux peu profondes, près des rivages, au milieu » de bas-fonds, sous l'influence de nombreux cours » d'eau descendant des terres continentales envi» ronnantes, et n'ont aucunement été le résultat » d'irruptions violentes de la mer, puisque des » polypiers ont pu vivre dans ces anses, des huîtres » y former des bancs continus, des produits ma» rins recouvrir des corps terrestres et des sédimens » réguliers se déposer. »

Période actuelle et contemporaine.

Les terrains déposés pendant la période actuelle forment la superficie du fond des nombreuses vallées qui sillonnent le département d'Ille-et-Vilaine. On y trouve disséminés une grande quantité de cailloux roulés, tantôt de quartz blanc, gris, bleuâtre, irisé ou non et subrésinoïde; tantôt de fer hydraté alluvial, tantôt enfin de jaspe et de quartz en poudingue. Ils sont formés principalement d'argiles molles, sablonneuses ou endurcies.

Le fond des vastes marais des environs de Dol, qu'on est parvenu à dessécher et à défendre contre les inondations de la mer, à l'aide de fortes digues, en offre un exemple remarquable. Il est formé d'une argile de couleur grise ou bleuâtre, et de sables entre lesquels on trouve fréquemment des couches de lignite ou bois bitumineux, recouvertes de sable et de glaise, et dans plusieurs points, de tourbe. On y rencontre çà et là des schistes argileux et des diorites en cailloux roulés.

Combourg, dans la même direction, par rapport à la ville de Rennes, dont il est éloigné de huit lieues, est la seule localité où j'aie trouvé le quartz agathe calcédoine grossier en cailloux roulés et par lits dans la même argile sablonneuse endurcie. C'est également dans un terrain iden-

tique qu'on rencontre dans presque tous les points du département, le *caillou* dit *de Rennes*. Cependant c'est sur la route de Châtillon, et dans les champs qui la bordent que je l'ai aperçu le plus abondamment disséminé. Ce n'est autre chose qu'un poudingue formé de quartz siliceux, quelquefois agatisé, en fragmens roulés, liés par un ciment de jaspe rouge grossier. Il serait difficile d'en décrire toutes les variétés, de peindre toutes les dégradations insensibles par lesquelles il passe pour arriver à n'être plus formé que de sa pâte de jaspe, d'autres fois au contraire à en être presque privé, en sorte que les petits galets quartzeux semblent presque se toucher. Son mode de coloration n'est pas moins changeant. Sa localité primitive est tout-à-fait perdue, et quelques minéralogistes, en indiquant les champs de la Touche, comme l'un des points des environs de la ville où on le rencontrait le plus souvent, n'ont fait que propager une erreur; car je l'y ai vainement cherché avec le plus grand soin.

Enfin la mer forme sur la côte nord du département, entre Cancale et Avranches (Manche), de vastes atterrissemens dans lesquels on peut observer deux zones distinctes. La première composée de vases plus ou moins sablonneuses, la seconde de sables quartzeux avec quelques parties calcaires. Des dunes sablonneuses les séparent un peu au-dessus de la limite supérieure des marées moyennes. La partie occupée par les vases a plus de deux lieues de largeur entre Dol et l'étang de Châteauneuf.

La zone des sables, légèrement inclinée vers l'océan, se découvre à marée basse, sur une étendue

de plus de trois lieues, au nord du mont Saint-Michel.

La bande de galets qui existe ordinairement, au pied des dunes, à la limite supérieure de la marée, ne se voit pas ou est à peine faiblement indiquée dans cette partie des côtes de la Bretagne. Toutes les anses de celle du nord offrent la même succession de dépôts, savoir : des vases dans le fond des anses, des sables près de leur ouverture, et enfin des bandes de galets à la limite supérieure de la marée, dans les parties les plus exposées au flot.

Le cours des fleuves et leurs environs reproduiraientpar leurs alluvions récentes, souvent considérables, des dépôts fluviatiles plus anciens mélangés avec les couches marines, tout-à-fait identiques avec ceux d'époques antérieures.

De la sorte, les dépôts habituels des rivages, sables, graviers, galets ; débris coquilliers, représenteraient parfaitement quelques terrains tertiaires plus récens, tandis que d'autres dépôts marins se formeraient quelquefois rapidement par l'action de marées violentes, qui transporteraient au-dessus de leur niveau des coquilles. En sorte que l'excavation et le remplissement des vallées les plus modernes, formant le passage intime à la période immédiatement antérieure, n'en différeraient que parce que les agens qui les ont produits auraient été moins puissans, bien qu'analogues.

On voit que d'après la constitution géologique du sol du département d'Ille-et-Vilaine, qui est presque partout un terrain de transition, on peut espérer d'y rencontrer des minerais métalliques, mais fort peu d'y découvrir des couches de houille, parce que ce combustible réside ordinairement

dans des formations plus modernes. Cependant il ne serait pas impossible que le hasard en fît rencontrer quelque petit bassin isolé et peu étendu.

Au contraire, l'existence de couches très développées d'anthracite exploitées sur un grand nombre de points du département de la Mayenne, près de la limite orientale de celui d'Ille-et-Vilaine, et l'analogie du terrain de cette dernière partie, doivent donner l'espoir d'y trouver le même minéral.

On s'attend bien que dans un travail qui demande des recherches aussi étendues et des explorations aussi exactes, celui de décrire la structure de tout un département, j'ai dû éprouver des difficultés bien grandes par l'impossibilité dans laquelle je me suis le plus souvent trouvé de pouvoir m'aider de sondages ou de recherches déjà faites, aussi pourra-t-il s'y être glissé quelques erreurs, et ne devra-t-on considérer cet essai imparfait que comme une indication pour quelque chose de mieux.

M. Blavier, ingénieur des mines de ce département qu'il s'occupe d'étudier, et auquel des fonds votés par le conseil général permettent de se livrer à de nombreuses études, en publiera probablement dans quelques années une description beaucoup plus exacte et plus étendue que ce simple aperçu.

Néanmoins étant le premier à m'en être occupé et à avoir levé une carte géologique du pays, j'aime à croire que les savans accueilleront avec quelque indulgence un travail tout-à-fait neuf, car je ne sache pas qu'il ait jamais été publié rien de spécial à cet égard sur le département d'Ille-et-Vilaine.

FRANCE.

SEPTEMBRE — OCTOBRE 1835.

Nouveaux procédés pour fabriquer la fonte et le fer en barres, avec des considérations sur la substitution, dans les hauts-fourneaux à fer, des combustibles dans leur état naturel à ces mêmes combustibles carbonisés; sur l'application de la vapeur d'eau à la combustion avec flammes de l'anthracite, etc.; enfin sur l'emploi de cette même vapeur d'eau à haute température dans le traitement des minerais de cuivre pyriteux, au fourneau à réverbère; et aussi pour le raffinage du cuivre; etc.; par *A. Guenyveau*, ingénieur en chef et professeur de minéralurgie à l'École royale des mines de France. In-8° de 9 $\frac{1}{4}$ feuilles, avec 2 planches gravées. — Paris, chez Bachelier. Prix. . . . . 3 fr. 50 c.

Proposition de nouveaux rails pour les chemins de fer; par M. *Dausse*, in 8° de 1 $\frac{1}{4}$ feuille. — Paris, chez Carilian-Gœury.

Essai sur l'histoire naturelle du département de la Meuse; par *C. Doisy*. Première partie, 2 vol. in-18, ensemble 32 $\frac{1}{6}$ feuilles, plus un tableau. — Verdun, chez Villet-Collignon. — Prix. . . . . 7 fr.

Statistique industrielle du département de la Loire; par *A. Peyret*, in 8° de 16 $\frac{1}{2}$ feuilles, plus 2 tableaux. — St.-Étienne, chez Delarue.

Essai de géologie descriptive et historique; prolégomènes et période primaire; par *H. Reboul*, in-8° de 17 $\frac{1}{4}$ feuilles. — Paris, chez Levrault. . . . . . . 3 fr. 50 c.

Mémoires de l'Académie des sciences, agriculture, belles-

lettres et arts du département de la Somme, in 8° de 46 $\frac{3}{4}$ feuilles. — Imprimerie de Marchart, à Amiens.

Voyage autour du monde sur la corvette *la Séniavine*; par *F. Lutké*, traduit du russe sous les yeux de l'auteur. Partie historique, tome II, in-8° de 24 $\frac{5}{8}$ feuilles. — Paris, imprimerie de F. Didot.

Halage au galop sur les canaux; par M. *Dausse*, in-8° de $\frac{1}{2}$ feuille. — Paris, chez Carilian-Gœury.

Notice sur les chemins de fer de l'Amérique du Nord (extrait de la revue d'Edimbourg) in-8° de $\frac{1}{2}$ feuille. — Imprimerie de Fain, à Paris.

Résumé des recherches sur le canal de Soissons, destiné à établir une communication directe entre Paris et la Hollande, par le canal de l'Ourcq, la rivière d'Aisne, le canal des Ardennes et la Meuse; par *Th. Geslin*, in-4° de 2 feuilles. — Impr. de Renouard, à Paris.

Minerve, ou Choix des mémoires les plus importans qui paraissent dans les pays étrangers sur les sciences naturelles, publié par *E. Jacquemin*, et plusieurs savans français et allemands. (Prospectus). — On publiera un cahier par mois et 50 feuilles in-8° par an. — Prix pour Paris. . . . . 35 fr.

Pour les départemens. . . . . 38 fr.

Application des principes de mécanique aux machines les plus en usage, mues par l'eau, la vapeur, le vent, les animaux, et à diverses constructions; par *A. Taffe*, in-8° de 24 $\frac{3}{4}$ feuilles, plus 6 planches. — Imprimerie de Feissat aîné, à Marseille.

Exposition du système des douanes en France, depuis 1791 jusqu'en 1824; etc., par *St.-Féréol*, in-8° de 14 feuilles. — Imprimerie d'Achard, à Marseille.

Manuel complet de l'essayeur; par *Vauquelin*, suivi de

l'instruction de M. *Gay-Lussac* sur l'essai des matières d'argent par la voie humide, et des dispositions du laboratoire de Paris, par M. *Darcet*, nouvelle édition entièrement refondue. — Paris, chez Roret. — Prix. . . 3 fr.

TARIF DES DROITS DE DOUANE ; par MM. *Fassy* et *Rey*, in-16 de 1 feuille. — Imprimerie de Terrasson, à Marseille.

TARIF MINÉRALOGIQUE, ou Cubage du minerai de fer ; par *A. Royer*. — Imprimerie de Miot, à Chaumont.

DESCRIPTION DES MACHINES, et procédés consignés dans les brevets d'invention, de perfectionnement et d'importation, dont la durée est expirée, et dans ceux dont la déchéance a été prononcée, publiée par les ordres de M. le ministre du commerce, t. XXVII, in-4° de 52 $\frac{1}{4}$ feuilles, plus 40 planches. — Paris, chez Mme Huzard. 15 fr.

MÉTALLURGIE PRATIQUE DU FER, ou Atlas de machines, appareils et outils actuellement employés à la fabrication de la fonte et du fer, avec un texte méthodique, etc. ; par MM. *Leblanc* et *Walter*, 2e livraison, in-4° de 4 feuilles, plus 6 planches. — Paris, chez Mathias. — Prix. . . . . 12 fr.

ADMINISTRATION DES DOUANES. Tableau général du commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères, pendant l'année 1834, in-4° de 54 feuilles. — Paris, imprimerie royale. Prix. . . . . 7 fr.

COURS DE PHYSIQUE de l'Ecole polytechnique ; par *Lamé*, in-8° de 36 feuilles, plus 8 planches. — Paris, chez Bachelier. — Prix. . . . . 12 fr.

GUIDE DU GÉOLOGUE VOYAGEUR, sur le modèle de l'*Agenda geognostica* de M. Léonhard ; par *A. Boué*, 2 vol. in-12, ensemble 54 $\frac{2}{3}$ feuilles, plus 4 planches. — Paris, chez Levrault. — Prix. . . . . 12 fr.

NOTICE sur les concrétions des grottes de Baune et de

Loisia (Jura); par M. *Houry*. — Imprimerie de Gautier, à Lons-le-Saulnier.

NOTICE sur les collections dont se compose le musée d'artillerie, in-12 de 9 feuilles. — Paris, chez Delaunay. Prix . . . . 5 fr.

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES D'HISTOIRE NATURELLE, par *G. Delafosse*. Première partie, *Minéralogie*; in-12 de 6 feuilles. — Paris, chez Hachette. Prix. . . . 1 fr. 25 c.

VOYAGE DANS LE FINISTÈRE, par *Cambry*, revu et augmenté. Livr. 8 à 24, 17 feuilles in-4°, plus 17 planches; à Brest, chez Come. Prix de chaque livraison. . 50 c.

Il y aura 40 livraisons, la première édition est de 1799.

NOTICE SUR LA COMÈTE DE HALLEY et sur son retour en 1835; par *F. B.* In-12 de ½ feuille. — Impr. de Boursy, à Lyon. Prix. . . . . 25 c.

NOTICE sur les creusets-puisards des hauts-fourneaux, et particulièrement sur ceux des forges du Bas-Rhin; par M. *Voltz*, ingénieur en chef des mines, in 8° de 1 ¼ f. — Extrait du tome VIII des Annales des mines, et publié à part par ordre de M. le Conseiller d'état, directeur-général des ponts et chaussées et des mines.

VOYAGES MODERNES faits dans les cinq parties du monde par les plus intrépides et les plus savans explorateurs de notre époque. Tome II, in-12, de 12 ½ feuilles, plus 3 planches. — Paris, chez Thiériot. Prix. . . . . 6 fr.

Plans et cartes géographiques.

ETUDE des chemins de fer (2e ligne). Chemin de fer entre Paris, Lille, Dunkerque, Calais et Boulogne. — Paris, chez J. Desportes.

CARTE du cours de la Saône depuis Gray jusqu'à Lyon; avec une vue générale de la Saône depuis sa source jusqu'à son embouchure. — Paris, chez Pelanne.

MÉMOIRE

Sur les machines à colonne d'eau de la mine d'Huelgoat, concession de Poullaouen (Finistère);

Par M. JUNCKER, Ingénieur des mines.

(TROISIÈME PARTIE, APPENDICE ET FIN.)

CHAPITRE IV. — *Ouvrages souterrains et maçonneries.*

L'établissement des machines qui viennent d'être décrites dans tous leurs détails, a nécessité un grand nombre de travaux accessoires ou de préparations, dont les difficultés d'exécution et les dépenses ont été assez considérables pour qu'il en soit fait ici une mention spéciale et circonstanciée. Ouvrages souterrains.

Le puits, dit supérieur, choisi pour devenir le siége unique du nouveau mode d'épuisement, à cause de ses dimensions et de la nature solide du terrain qu'il traverse, est fort écarté du vallon qui fixe le régime des eaux de la mine. Le point de la montagne, où le canal des eaux motrices vient aboutir, est en effet séparé du puits par une distance de 370 mètres; celui où la galerie d'écoulement va déboucher en est éloigné de près de 1.000 mètres, sur lesquels il en restait 470 à percer.

D'un autre côté, quoique le puits fût généralement solide, il ne me l'a pas paru suffisamment

dans le haut pour me décider à y asseoir les colonnes de chute et à suspendre ainsi, sur les têtes des mineurs, le danger réel d'une inondation toujours menaçante. La prudence la mieux motivée a donc commandé l'éloignement de ces tuyaux, et par suite le percement d'un puits particulier, dans un terrain vierge, non encore ébranlé, pour les recevoir.

Il résulte de cet exposé, que les ouvrages souterrains principaux à exécuter pour les nouvelles machines étaient :

1° Une galerie-aqueduc supérieure, d'environ 370 mètres de longueur;

2° Une allonge de 470 mètres à la galerie d'écoulement;

3° Un puits souterrain d'environ 76 mètres de profondeur.

Chacun de ces percemens a nécessité en outre divers ouvrages accessoires dans l'intérêt de l'amélioration du travail, du déblaiement, de la circulation d'air.

Galerie-aqueduc supérieure.

La galerie-aqueduc n'a pas été dirigée en ligne droite depuis le jour jusqu'au puits, parce qu'elle se serait trouvée beaucoup trop près du filon qu'elle eût longé sur toute son étendue. Il a fallu la rejeter dans le toit, assez loin pour n'avoir plus à redouter le fâcheux effet de tassemens dans les excavations inférieures, fort peu considérables et en grande partie remblayés d'ailleurs, dans cette partie du filon. D'après cela, l'axe de la galerie est une ligne brisée composée de trois parties droites, qui forment entre elles des angles très obtus, et se raccordent au moyen d'arcs de cercle d'un grand rayon.

Cet aqueduc souterrain a été attaqué par quatre

points à la fois, savoir : au jour, dans le puits principal, et au bas d'un puits d'airage et de service de 27 mètres, approfondi *ad hoc* du sommet de la montagne. Le percement s'est fait avec précision, c'est-à-dire que les quatre galeries se sont rencontrées bout à bout. Ce travail n'a, du reste, présenté aucune particularité remarquable, si ce n'est une absence complète de filtration sur presque toute la longueur de l'excavation. Ce fait démontrant une grande perméabilité dans le terrain environnant, a eu, sur les constructions ultérieures, une grande influence, ainsi qu'on le verra plus loin.

Les roches traversées par la galerie ont été trouvées généralement dans un tel état de désagrégation, que l'observation ci-dessus s'explique facilement, en songeant surtout au voisinage du filon qui tend à soutirer toutes les eaux supérieures. Aussi l'entaillement s'est-il fait le plus souvent sans poudre ; mais comme on n'a pas donné primitivement à cette galerie de grandes dimensions ($1^m,80$ sur $0^m,90$), ses parois se sont assez bien maintenues sans boisage, sauf auprès de l'orifice qu'il a fallu étançonner. Plus tard cependant, après un contact de près de trois années avec l'air atmosphérique, ces mêmes parois sont devenues plus ébouleuses, et on a pu se convaincre dès lors de la nécessité de les revêtir d'un muraillement complet.

Le prolongement de la galerie d'écoulement, vers le puits supérieur, a été rejeté comme l'aqueduc, et par les mêmes motifs, au toit du filon ; sa projection horizontale est également une ligne composée de trois élémens droits.

Les 470 mètres à percer ont été attaqués par six

points, savoir : 1° par les deux extrémités, l'une au puits supérieur, l'autre auprès du puits, dit inférieur, où la galerie avait été arrêtée; 2° par les extrémités de deux traverses qu'il a fallu diriger tout exprès du filon vers l'axe de la galerie projetée qui lui est à peu près parallèle. Ces traverses comprennent ensemble une longueur de 60 mètres, et ont servi tant à l'airage et à l'épuisement des eaux qu'à l'enlèvement des déblais qui ont pu être conduits dans les excavations avoisinantes du filon. Ce percement complexe, ordonné selon les règles ordinaires de la géométrie souterraine, s'est fait encore ici avec un succès remarquable.

Les roches schisteuses, porphyriques et arénacées, qui, dans l'aqueduc supérieur, s'étaient montrées fort tendres en général, ont opposé ici au travail du mineur une dureté considérable. Cette circonstance a sans doute augmenté les dépenses d'entaillement; mais elle a été accompagnée de l'immense avantage de nous donner un aqueduc tout à la fois solide et imperméable, n'exigeant par conséquent aucune maçonnerie, aucun moyen de soutènement. Le terrain ne s'est montré un peu ébouleux qu'aux approches du puits supérieur; là, seulement, il a fallu faire quelques dispositions de sûreté sous les deux rapports ci-dessus.

Puits de chute.

Le puits de chute a été entamé aussi par plusieurs points qu'on a choisis, de manière à rendre l'enlèvement des déblais le moins coûteux possible. Des communications spéciales ont été pratiquées à cet effet avec le puits principal (dans le massif de $9^{m},20$ qui les sépare), à des niveaux où celui-ci était lui-même en relation avec le filon.

Le puits de chute a traversé d'abord un schiste

éboulcux sur une hauteur de 24 mètres; il est entré ensuite dans un énorme banc de poudingue très solide, qu'il n'a quitté que vers son extrémité inférieure, où il a atteint un nouveau schiste aussi fort ébouleux.

Il a été ouvert primitivement, sur la forme d'un carré ayant environ $1^m,30$ de côté; plus tard on l'a agrandi. Dans la partie schisteuse supérieure il a reçu la forme d'un rectangle de $3^m,60$ sur $3^m,55$; dimensions qui ont été réduites ultérieurement, par un boisage et un muraillement, à $2^m,25$ sur $2^m,05$; plus bas, dans le poudingue, il a été taillé proprement sur les quatre côtés, suivant des portions de surfaces cylindriques, dont les cordes horizontales forment un rectangle de $2^m,25$ sur $2^m,05$, c'est-à-dire égal à celui de la maçonnerie ci-dessus : les flèches sont respectivement de $0^m,14$ et $0^m,13$. Au-dessous de la galerie d'écoulement, dans toute la partie correspondant aux colonnes des balanciers, ce rectangle a été alongé d'un mètre dans le sens de ladite galerie; l'autre dimension de $2^m,05$ restant la même.

C'est ici le lieu de mentionner aussi la galerie de communication établie entre les deux puits, à la hauteur du pont de support des machines. Ce percement est tout entier dans le poudingue, et a moyennement 3,30 de hauteur sur 2,50 de largeur. J'ajouterai encore que la même roche a dû être excavée, dans la chambre de la machine, sur de très grandes dimensions dans tous les sens.

Travaux complétant le régime nouveau de l'épuisement.

Pour compléter l'énumération de tous les travaux souterrains qui se rapportent au nouveau système d'épuisement, il convient d'indiquer aussi ceux qui s'exécutent dans ce moment au fond de la mine pour l'installation future des pompes à

leur limite de 230 mètres de profondeur. Ils consistent, 1° dans l'approfondissement du puits principal, sur une hauteur de 60 mètres; 2° dans le percement d'une galerie de 200 mètres de longueur, pour mettre en communication le fond de ce puits avec les derniers massifs de minerai. Plusieurs années seront nécessaires encore pour achever ce travail.

Voici, pour terminer, les prix de revient par mètre courant de quelques-uns des ouvrages de mine ci-dessus :

	fr. c.
La galerie-aqueduc.	18,00
Le puits d'airage, qui est de forme hexagonale, et présente une section horizontale de $3^{m.q.}$; percé d'ailleurs dans une roche porphyrique assez dure.	69,00
La galerie d'écoulement, $\frac{3}{4}$ de schiste dur, $\frac{1}{4}$ de porphyre, 2 mètres de haut sur 1 mètre de large . .	38,20
Les traverses qui ont servi au percement de cette dernière galerie, $\frac{3}{4}$ porphyre, $\frac{1}{4}$ schiste	42,00
Le puits de chute ayant primitivement 1,70 m. q. de section.	39,00

Les divers modes de construction des ouvrages de maçonnerie exécutés dans la galerie d'admission ont été déterminés par la nature perméable et peu consistante du terrain qu'elle traverse. Il importait en effet de combattre les inconvéniens plus ou moins graves qui en eussent été la conséquence, savoir : les filtrations, les éboulemens et la chute des menus débris.

Cette galerie a d'abord été exhaussée et élargie régulièrement pour l'emplacement des travaux projetés. Cet élargissement a nécessité, sur presque toute la longueur du terrain ébouleux, un boisage qui même a dû être abandonné ensuite, derrière

les muraillemens, sur 80 mètres de longueur. Le terrain solide a été taillé grossièrement, mais uniformément, de manière à présenter sur les côtés des parois verticales, et dans la partie supérieure un berceau cylindrique. Le sol, ou fond de la galerie, a d'ailleurs été nivelé avec soin sur toute sa longueur, pour recevoir ensuite une pente régulière.

Pour empêcher les filtrations, on a dû contenir les eaux motrices dans un lit parfaitement imperméable; ce lit ou aqueduc occupe toute l'étendue de la galerie. Il est large de 1 mèt. depuis son entrée jusqu'au premier changement de direction; passé ce point, cette dimension n'est plus que de 0^m,75. On a construit, à ses extrémités, deux réservoirs ou bassins d'épuration: l'un a son entrée et au jour, l'autre B, (*Pl. IV*, *fig.* 1), à l'extrémité d'aval, où se fait la prise d'eau, et où plongent les tuyaux de chute. Ces deux bassins ont, dans œuvre, 6^m,25 de long sur 2 mètres de large. Le premier a seulement 1 mètre de profondeur, et le second 3 mètres.

L'aqueduc est construit de la manière suivante: le sol de la galerie a été recouvert d'une couche de béton (*fig.* 12), épaisse de 20 centimètres, sur laquelle on a logé en même temps des dalles de schiste quartzeux, épaisses d'environ 5 centimèt., dont le parement vu affleure l'aire de béton, et affecte une pente de 2 $\frac{1}{2}$ millimètres par mètre qui était donnée par des repères invariables ménagés à de petites distances et minutieusement vérifiés. Ces dalles forment le fond de l'aqueduc, et s'engagent de 0^m,08 sous ses parois verticales.

Sur ce radier général on a élevé deux muretains formés de deux assises chacune de 20 centimètres de hauteur, en moellons granitiques piqués; les

moellons sont taillés d'équerre dans les lits et joint sans démaigrissement, sur toute leur épaisseur qui est de 30 centimètres. Cette préparation des pierres a permis d'atteindre une juxtà-position presque parfaite, et leurs petites dimensions en ont rendu la pose très facile. L'emploi de tels moellons, taillés sur toutes les faces, en contact et facilement maniables, rend impossible toute solution de continuité dans le mortier, et annulle par conséquent toute chance de filtration, en admettant toutefois que le mortier soit hydraulique : on a effectivement acquis la certitude qu'il ne s'est pas fait une seule voie d'eau vers les galeries inférieures.

Le bassin intérieur est construit comme l'aqueduc; on a eu soin d'éviter les joints dans les angles et pour cela on a fait usage de moellons particuliers, dans lesquels on a refouillé soit des angles droits rentrans, pour les quatre coins du bassin; soit des portions de rainures pour les coulisses servant à recevoir les cloisons transversales; son dallage est à 3 mètres en contre-bas de celui de l'aqueduc, et cette différence de niveau est rachetée par un mur vertical. Toutes ses parois sont en moellons piqués de $0^m,50$ de queue, et le dallage repose sur un béton épais de $0^m,30$. Le bassin extérieur n'est pas construit avec autant de soin que le précédent; on n'y a fait usage que de moellons essemillés sous quatre chaînes en pierres de taille pour les coulisses des cloisons qui le divisent en trois compartimens.

La destination de l'aqueduc et le mode de construction que nous venons d'indiquer, ont impérieusement exigé l'emploi d'un bon mortier hydraulique. Aussi, le choix des matières qui devaient le composer a-t-il été pour moi l'objet d'une attention particulière.

J'avais songé d'abord à fabriquer de la chaux hydraulique artificielle à double cuisson, lorsque M. Avril me fit part de ses recherches sur les mortiers. Elles l'avaient conduit à la découverte d'une roche en décomposition, encaissée dans un terrain de *grauwacke*; circonstance qui lui a fait donner improprement ce nom, qu'on lui a conservé depuis dans les travaux des ponts et chaussées. Cette roche est d'un rouge jaunâtre, parsemée de paillettes de mica, et se rapproche très certainement, par sa nature et les circonstances de son gisement, des masses amphiboliques qui ont surgi au milieu du terrain de transition aux diverses époques de sa dislocation.

Des expériences faites avec une méthode et un soin remarquables, par M. Avril, ont établi l'excellence de cette matière comme pouzzolane artificielle, lorsqu'elle a été préalablement cuite dans un four, et l'ont conduit à la proposer pour la construction du canal de Nantes à Brest, où elle a été employée avec un très grand succès.

Convaincu des qualités hydrauliques des *grauwackes* cuites, je m'étais décidé à les envoyer chercher fort loin, lorsque M. Garran (1), alors sous-directeur de l'établissement, eut l'idée d'essayer une roche porphyrique à base de feldspath en décomposition, quoiqu'elle n'eût à la vue aucun rapport avec la grauwacke, puisqu'elle est d'une

(1) M. Garran et son collègue M. Nailly, alors sous-directeurs, avaient été chargés de la conduite de ces divers travaux de maçonnerie; ils se sont acquittés de cette difficile mission avec beaucoup de succès, et je me plais à rendre ici un témoignage public de l'utile secours que j'ai trouvé dans leur talent.

blancheur remarquable; elle avait été reconnue par la galerie d'admission et remontait jusqu'au jour. L'essai réussit parfaitement, et nous avons obtenu, par la cuisson de cette matière, dans un four de forme pyramidale, ouvert à sa partie supérieure, une pouzzolane au moins aussi énergique que la *grauwacke* cuite employée sur le canal.

Avec trois parties de cette roche feldspathique cuite et pulvérisée, et une partie de chaux grasse mesurée en pâte, on a produit un *ciment* qui, plongé dans l'eau, fait prise en peu de temps. Néanmoins, ces proportions n'ont pas été constantes; elles ont varié suivant que la chaux était plus ou moins grasse; mais le mélange a toujours présenté la circonstance d'une dureté croissante qu'on remarque également dans les autres maçonneries souterraines toujours exposées à l'humidité, et dont il va être question.

Après avoir assuré l'imperméabilité de la galerie dans sa partie inférieure en contact avec l'eau motrice, on a dû s'occuper d'en murailler les deux côtés et le plafond, partout du moins où le terrain pouvait s'écrouler ou simplement se détacher par fragmens; une longueur totale de 210 mètres se trouvait dans ce cas.

A cet effet, on a élevé au-dessus et à l'aplomb des muretains en moellons piqués, sur une hauteur de $1^m,40$, les murs latéraux de la galerie, qui servent en même temps de pieds-droits à une voûte en plein cintre, dont l'ouverture est la même que celle de l'aqueduc, et dont l'épaisseur à la clef est $0^m,30$. La maçonnerie des pieds-droits est faite en moellons granitiques extraits d'une carrière où la roche a une structure schistoïde, puis essemillés

grossièrement; elle a 0^{m},40 de profondeur, et se trouve réunie au rocher par un blocage ou béton avec recoupes, ayant 0^{m},10 d'épaisseur moyenne. Les claveaux, faits avec le même granite, mais essemillés avec plus de soin; et la voûte, dont la douelle est piquée, se relie au terrain supérieur par une maçonnerie en petits matériaux de 0^{m},20 d'épaisseur, et bien tassée.

Cette voûte a été construite au moyen d'un cintre volant, monté sur quatre pieds, long de 1 mètre, qu'on établissait au moyen de cales, de manière à conserver l'axe du berceau parallèle au sol.

A l'origine de la galerie, la voûte est construite sur 4^{m},60 en pierre de taille; son entrée (*fig.* 14) présente une arcade surmontée d'un fronton.

On a construit en outre, au-dessus du bassin intérieur et de la cheminée de chute, une voûte en anse de panier, longue de 18^{m},80; son sommet à l'intrados est au même niveau que celui du berceau de la galerie, dont la tête d'aval se raccorde avec celle d'amont de l'anse de panier, par un plan vertical qui les contient toutes deux.

Dans la partie où le terrain est très solide, existe, sur 12^{m},60, un poudingue dont la pâte est susceptible de s'altérer un peu à l'air; on l'a ravivée et dressée, puis recouverte d'un enduit de 0^{m},02 d'épaisseur moyenne. Cet enduit, fait avec le ciment feldspathique, forme une paroi mince d'une seule pièce très dure et très unie.

Au-dessus des muretains en moellons piqués, on a logé dans la maçonnerie, sur toute la longueur de l'aqueduc, des poutrelles de 10 centimètres d'équarrissage, espacées de mètre en mètre, pour recevoir un plancher ou trottoir qui se prolonge

au-dessus du bassin intérieur et s'étend jusqu'à la cheminée de chute.

Les matériaux des maçonneries sont entrés, soit par la galerie, soit par le puits d'airage ou le puits principal, au moyen de tonnes descendues par un treuil à frein. On les a ensuite transportés à pied-d'œuvre au moyen de brouettes et de chiens de mine.

Muraillement de la galerie d'écoulement.

La galerie d'écoulement se trouve dans une région où le roc, d'une contexture beaucoup plus serrée que dans la galerie supérieure, ne pouvait donner lieu à des filtrations, excepté en amont, près de la cheminée de chute; où l'on a établi un radier et un aqueduc, comme dans la galerie d'admission. Là où l'on avait à craindre des éboulemens de nature à intercepter le passage des eaux, ou dangereux pour les travaux adjacens, on a muraillé et voûté la galerie; ailleurs, où ces accidens ne pouvaient être considérables, on s'est contenté d'un simple boisage. La partie maçonnée est longue de 140 mètres, dont 108 en avant du puits inférieur, et 32 à la sortie au jour, où la tête du berceau présente la même élévation que celle de la galerie d'admission. La largeur de la galerie d'écoulement, dans la partie maçonnée, est $0^m,75$; et dans la partie boisée ou entaillée dans le roc, 1 mètre.

Maçonnerie dans le puits de chute.

Le puits de chute, ouvert avec les dimensions de $1^m,30$ en carré, a été élargi pour recevoir les revêtemens, suivant un rectangle de $3^m,60$ sur $3^m,65$; au fur et à mesure du déblai, on a soutenu le terrain par un boisage qui plus tard a été laissé derrière les maçonneries. Sur les deux plus grands côtés du puits, les revêtemens qui ont $2^m,25$ de large chacun, sont plans et forment le prolonge-

ment des pieds-droits de l'anse de panier qui couronne la cheminée et le bassin. Les deux autres revêtemens nord et sud sont cylindriques, et sont maçonnés en moellons essemillés, façonnés en voussoirs. L'arc qui en représente la section, a $2^m,05$ de corde sur $0^m,13$ de flèche. Les revêtemens plans, construits aussi en moellons essemillés, sont consolidés chacun par six chaînes horizontales en pierre de taille, appareillées en plate-bande; aujourd'hui que le ciment a acquis une dureté notable, et s'entame avec autant de difficulté que la pierre elle-même; ce revêtement plan forme seule une masse, dont toutes les parties sont solidaires.

Ces murs reposent sur quatre voûtes en arc de cercle, situées deux à deux à des hauteurs différentes, et qui elles-mêmes s'appuient et reportent la poussée aux angles des puits sur le poudingue dressé pour recevoir les sommiers qui y sont encastrés avec soin. Dans chaque voûte, la tête extérieure est le prolongement de la surface plane ou cylindrique du revêtement qu'elle soutient.

Le côté nord de la partie inférieure au-dessous de la galerie d'écoulement, et les parties schisteuses des côtés adjacentes, sont également revêtus en moellons essemillés et consolidés par des chaînes ou voûtes horizontales en pierre de taille. Une autre maçonnerie en pierre de taille, descend en contrebas du sol de la galerie de communication, et forme le bassin ou fontaine N', dont le fond a la forme d'une voûte cylindrique renversée, ayant son axe parallèle aux grands côtés du puits.

Sur ces côtés, la ligne inclinée de séparation du poudingue et du schiste est remplacée par des redans; le poudingue est refouillé aux lignes verti-

cales de ces redans, suivant un plan convergent vers le centre de la paroi cylindrique, et servant d'appui ou de culée au revêtement de cette paroi. La voûte renversée, qui termine inférieurement le puits de chute, est appareillée en pierre de taille, et s'oppose évidemment à tout mouvement du terrain inférieur; elle est placée sur une couche de béton de 30 centimètres.

Toute la partie du puits pratiquée dans le poudingue, entaillé comme nous l'avons dit suivant des surfaces cylindriques, est recouverte d'un enduit en ciment qui, comme dans la galerie d'admission, ne présente ni fendillement ni gerçures et s'oppose à la décomposition de la roche.

Une galerie M_1 qui traverse aussi le poudingue établit la communication entre le fond du puits de chute et la chambre de la machine. Près de celle-ci on a trouvé à propos de la recouvrir d'une voûte sur 4 mètres environ; mais le reste du faîte et les pieds-droits sur toute leur longueur, qui est $8^m,80$, sont simplement enduits de ciment.

La chambre à laquelle conduit cette galerie est située dans le puits principal, au milieu du banc de poudingue. L'exécution des maçonneries, au-dessous de cette chambre destinée à contenir les machines jumelles, était aussi importante que délicate; la moindre faute pouvait avoir des conséquences graves, et peut-être irréparables. Pour former sous ces machines une base inébranlable, il fallait exécuter un travail qui, par lui-même, présentait quelques difficultés; mais celles-ci étaient considérablement augmentées par l'espace resserré où il fallait agir. Outre les obstacles qui contrariaient la pose, on peut encore citer l'approche des matériaux qui, pendant tout le temps de leur des-

cente d'une hauteur de 100 mètres, exécutée au moyen du treuil à frein, forçaient les ouvriers à se mettre à l'abri, à rester inactifs, et à laisser un travail d'art en chômage répété, et par cela même nuisible. Ces inconvéniens réels ont existé pour la construction de la plupart de nos maçonneries, quoiqu'à des degrés différens et inférieurs à ceux que je signale à propos de la chambre de la machine.

Les maçonneries du puits principal comprennent celles exécutées dans l'intérieur de la chambre, celles supérieures qui la raccordent avec le haut du puits, et celles inférieures.

Dans ces dernières on remarque d'abord sur les deux grands côtés les voûtes α (*fig.* 1 *et* 3), qui supportent les culées α_1 sur lesquelles s'appuie le pont en fonte ; les coussinets α_2 et les assises intermédiaires qui transmettent aux voûtes la pression exercée par le pont. Ces maçonneries ont pour épaisseur la profondeur de la voûte (1 mètre) ; au-dessus de l'extrados elles se relient par des pierres d'angle aux petits côtés, et en arrière elles adhèrent au rocher, dressé à la pointe, au moyen de ciment hydraulique. La tête de la voûte, le parement vu de l'appareil supérieur et 0^{m},25 des pierres de coussinets, sont dans un même plan vertical ; le reste du parement vu des coussinets est à 45°, et se retourne horizontalement jusqu'aux parois de la chambre.

Les pierres de coussinet font toutes parpaing ; celles des assises au-dessous sont appareillées de la même manière, et chacun des 19 voussoirs qui forment l'arc occupe toute la profondeur de la voûte, et cube moyennement 0$^{m.c.}$,50. La corde de

la voûte est $5^m,90$, la flèche $0^m,88$, et l'épaisseur à la clef 1 mètre.

Avant de procéder à la pose des voussoirs de ces voûtes, il a été nécessaire de s'occuper de la préparation de leurs culées. A cet effet on a refouillé le roc, de manière à faciliter l'approche des ouvriers et plus tard la pose des premiers voussoirs; on a placé ensuite, de chaque côté des naissances, deux directrices parallèles contenues dans un même plan horizontal, qui, avec le niveau de pente, ont permis de dresser très exactement le roc suivant un plan passant par l'axe du berceau; ce plan, quoique piqué avec beaucoup de soin, renfermait encore, en raison de la nature de la roche, des inégalités qu'on a fait disparaître par une légère couche de ciment : enfin l'on a solidement établi pour chaque voûte un cintre composé de deux fermes pleines de $0^m,16$ d'épaisseur, réunies par des douvelles transversales formant une surface cylindrique continue égale à l'intrados de la voûte. Ces cintres étaient supportés par des chantiers de bois transversaux placés eux-mêmes sur le roc, qui avait été préalablement dressé suivant un plan horizontal des naissances. La pose des voussoirs sur cette charpente s'est ensuite faite *à sec*, c'est-à-dire qu'on les a placés les uns sur les autres, symétriquement des deux côtés des naissances, sans interposition préalable de mortier. L'épaisseur des joints a été maintenue par quatre cales en fer placées aux angles du voussoir, dont on dégauchissait le plan de joint supérieur au moyen de trois de ces cales; la quatrième était ensuite enfoncée à la demande des trois autres. De cette manière, chaque plan de joint supérieur était bien dressé, et l'épaisseur du joint sensiblement uniforme. L'intercalation de

la *clef* a terminé cette première partie de l'opération.

Par un orifice élargi, ménagé sur chaque joint supérieur, on a ensuite injecté du ciment au moyen d'une pompe de $0^m,12$ de diamètre ; pour renfermer et contenir le ciment injecté de la sorte, on avait soin d'appliquer préalablement sur le pourtour de chaque planche de joint une bande de ciment romain.

La matière injectée était un mélange de ciment romain, de sable fin et d'un peu de chaux maigre vive pulvérisée. L'état un peu liquide dans lequel on était obligé de maintenir ce mélange pendant l'opération, nécessitait un excès d'eau que s'assimilaient ensuite la chaux vive et le ciment romain au moment de la prise. Il n'y a eu en effet aucun retrait (seul inconvénient à craindre dans ce mode de construction) ; car lorsqu'on a enlevé les cintres et livré la voûte à elle-même, il n'a pas été possible d'y apercevoir le moindre tassement, le moindre travail aux reins.

Les voussoirs des petits arcs β, dont l'extrados correspond au niveau des naissances des grands arcs, et qui reposent sur les grands côtés du puits, ont été posés avec beaucoup de soin, mais simplement suivant le procédé généralement usité pour ces sortes de constructions. Ils sont également surmontés d'assises en pierre de taille posées par carreaux et boutisses qui revêtissent les côtés nord et sud du puits, larges de $2^m,45$, savoir : le côté sud jusqu'au sol de la chambre et le côté nord jusqu'à un pont de service situé au-dessous du pont en fonte : là cette maçonnerie se continue sous la forme de l'escalier ξ jusqu'au plancher dans la galerie de communication.

Nature de la pierre employée.

Les blocs de granite qui ont fourni la pierre de taille et le moellon piqué ont une contexture toute différente de celle des bancs de granite d'où l'on a extrait le moellon ordinaire et le moellon essemillé. La pierre de taille est d'un grain assez gros, mais très serré; elle est bien homogène, très dure et très résistante. Ces qualités se font surtout remarquer à un degré éminent dans les maçonneries situées au-dessous du pont en fonte.

La chambre un peu en retraite sur la cage inférieure, dont nous venons de parler, est renfermée latéralement entre quatre parois latérales cylindriques, dont la hauteur est $7^m,25$, et dont la section horizontale présente quatre arcs de cercle presque égaux entre eux; leur corde est de $4^m,50$, leur flèche de $0^m,30$. Ces parois sont en pierres de taille appareillées en voûtes horizontales, dont les extrados sont réunies au poudingue par une maçonnerie de blocage de $0^m,15$ d'épaisseur moyenne. Elles se raccordent avec la partie supérieure du puits par quatre voûtes en arc de cercle, deux grandes χ s'appuyant sur le rocher et ayant 1,60 de profondeur à l'axe, et deux petites ψ de 0,60 de profondeur et appuyées sur les premières. L'ouverture de celles-ci est constante et égale à la distance entre les têtes verticales des grandes voûtes, tandis que ces dernières ont une ouverture variable, comme la largeur entre les côtés correspondans de la chambre sur lesquels elles s'appuient. Aux naissances elles coupent les parois cylindriques verticales suivant $\chi' \chi''$, et pénètrent les deux autres côtés suivant des courbes dont la demi-intersection se projette en $\chi' \chi'$. Les arceaux ont leur naissance droite sur les têtes des voûtes, et pénètrent les côtés cylindriques de la chambre selon les demi-

courbes projetées en $\psi' \psi'$; leur flèche est $0^m,55$ et leur épaisseur à la clef $0^m,66$; pour les grandes voûtes ces dimensions sont $0^m,90$ et 0,80. L'extrados des quatre voûtes se relie au rocher par une maçonnerie en petits matériaux.

Les grandes voûtes ont été posées à sec sur cales en fer, rejointoyées et injectées comme celles inférieures; les arceaux ont été posés suivant la méthode ordinaire.

Les quatre voûtes portent au-dessus un bandeau rectangulaire en pierre de taille de $0^m,60$ de queue, de $0^m,40$ de hauteur, et dans laquelle on a refouillé une rigole destinée à recevoir l'eau qui descend le long du boisage, et qui, de cette rigole, se rend par un tuyau de plomb dans la fontaine du puits de chute.

Indépendamment de ces deux ouvertures inférieure et supérieure, la chambre est percée par la galerie de communication M_1, dont nous avons déjà parlé, et par une autre galerie Q_1 (*fig.* 1), qui est une traverse vers le filon; enfin elle présente deux niches destinées à loger les estempes φ. Nous ne parlerons ni de l'appareil ni de la pose des pierres qui forment ces ouvertures, puisqu'elles n'offrent rien de particulier.

Je compléterai ce qui est relatif aux maçonneries, en donnant le détail suivant du prix de quelques-unes d'entre elles.

PRIX.

	f. c.
Le mètre cube de chaux grasse éteinte en pâte.	36,17
Le mètre cube de *grauwacke* cuite, moulue et tamisée. .	9,70
Le mètre cube de ciment composé de trois parties de *grauwacke* cuite et d'une partie de chaux éteinte en pâte.	23,75
Le transport du mètre cube du moellon brut des carrières à la mine.	2,00
Le transport du mètre cube de granite taillé.	6,00
Le mètre cube de béton dans lequel les recoupes ont été utilisées.	16,85
Le mètre cube de maçonnerie de petits matériaux avec $0^m,35$ de ciment.	15,10
Le mètre cube de moellon essemillé, posé avec $0^m,35$ de ciment, l'essemillage des paremens et joints compris. .	17,60
Le mètre cube de claveaux en moellons essemillés pour voûte contenant moyennement 2 mètres superficiels de douelle piquée et environ 7 m. sup. de joints essemillés.	26,6
Le mètre superficiel d'enduit de $0^m,02$ d'épaisseur.	0,86
Le mètre cube de granite d'un grain serré, de petit ou de grand échantillon pour pierre de taille ou moellon piqué, taillé dans les lits et joints, posé et mis en œuvre, prix moyen.	24.44
Le mètre superficiel de parement vu, uni de granit piqué ou taillé.	7.00
Le même pour parement de sujétion ou courbe.	8,80
Le même, pour pierre de fort appareil, soigneusement taillée dans les lits et dans les joints.	16,64

Ces prix doivent être augmentés du transport intérieur :

Dans la galerie d'admission, le transport du mètre cube à pied d'œuvre est :	
Par l'entrée.	0,80
Par le puits d'airage.	2,92
Pour le puits de chute, les galeries d'écoulement et de communication et pour la chambre de la machine, le transport du mètre cube coûte.	3,82
Pour les maçonneries au-dessous de la chambre, le transport du mètre cube coûte moyennement.	4,97

Détail du prix d'un voussoir cubant moyennement 0m.c.,50, *présentant une surface plane de joints et tête soigneusement taillée de* 2m.sup.,95 *et une surface à la douelle de* 0m.sup.,37.

	f. c.
Prix du voussoir taillé, rendu sur la mine.	27,30
Transport intérieur.	2,81
Pose sur cales à sec	4,08
0m.c.,14 de ciment, transport compris, tant pour le derrière de la voûte que pour les joints.	3,68
Ciment romain, chaux vive et main-d'œuvre d'injection.	3,67
Ragréement après la pose.	0,50
Chandelles.	1,09
Prix du voussoir.	43,13

Le muraillement des galeries figurées *Pl. IV*, coûte par mètre courant, savoir :

La galerie *fig.* 13.	67,95
id. *fig.* 12.	69,58
id. *fig* 11 (pieds-droits de 4m,63).	146,85

Ces divers prix ne comprennent pas les faux frais, outils, entretien ou façon des engins, etc.

APPENDICE.

D'après le cadre que je m'étais primitivement tracé, ce mémoire ne devait comprendre que la simple description de la machine à colonne d'eau, et des travaux qu'a nécessités l'établissement du nouveau système d'épuisement tout entier : ma tâche était donc, à la rigueur, terminée ici. Mais depuis j'ai pensé que les ingénieurs appelés à construire des machines hydrauliques, ne liraient pas sans intérêt quelques détails économiques, plus circonstanciés que ceux qui précèdent, sur l'appareil d'Huelgoat, ainsi que des considérations sommaires sur les applications dont les machines à colonne d'eau sont ou peuvent devenir susceptibles dans l'exploitation des mines, et partout où il s'agit d'utiliser une chute d'eau comme force motrice.

Je ne rapporterai pas ici les devis détaillés, tels que je les ai présentés aux fabricans; ce serait à la fois trop long et tout-à-fait inutile. J'ai dit plus haut, à cet égard, que chacune des pièces dont les machines se composent était devenue l'objet d'une description et d'un dessin, à la suite d'une étude qui avait principalement servi à en déterminer les formes et les dimensions. Or, on conçoit qu'un exposé de ces sortes d'études qui ne sont pas assujetties à des règles générales, mais qui varient avec les conditions particulières à chaque question d'épuisement, ne sauraient intéresser que très médiocrement les constructeurs

qui auront toujours à tirer de leur propre fonds les solutions des difficultés qui leur sont opposées. Ils doivent préférer des résultats, des faits, des points de repère; et c'est ce que mon expérience vient leur offrir.

Le calcul des dimensions des pièces sous le rapport de leur résistance, qui paraît rentrer plus particulièrement dans le domaine de la science, est cependant assez souvent soumis à des considérations qu'il n'est guère possible de traduire en formules. Il faut avoir égard, tantôt aux causes d'altération et de destruction auxquelles les matériaux de construction sont exposés, tantôt à des variations accidentelles dans les efforts que diverses parties des machines ont à supporter. Quelquefois il faut songer à préserver certaines pièces d'une déformation préjudiciable, qui peut survenir, soit au moment de leur exécution, soit pendant leurs fonctions. C'est ainsi que l'épaisseur du métal du grand cylindre Y a été portée à près de $0^{m},06$, c'est-à-dire bien au delà de ce qu'indiquait le calcul, parce que la machine à aléser de l'usine de Charenton avait le défaut d'ovaliser les cylindres à grand diamètre, qui n'avaient pas une épaisseur de paroi convenable. Cette pièce, dans la machine d'Huelgoat, est parfaitement circulaire, aussi la garniture du piston s'y est-elle conservée tout-à-fait imperméable depuis près de quatre ans.

Ces sortes de calculs reposent en général sur les résultats d'expériences qui doivent toujours précéder l'exécution d'un grand travail mécanique, lorsque d'ailleurs des épreuves authentiques n'ont pas fait connaître à l'avance la résistance des matériaux que l'on se propose d'employer.

La majeure partie des fers de la machine d'Huelgoat ayant été tirée de Fourchambault (département de la Nièvre), nous n'avons pas eu à nous occuper de ces épreuves qui avaient été faites avec le plus grand soin à Guérigny, et dont les principaux résultats ont été publiés par M. E. Martin. (Voyez *Annales des mines*, 3e série, tome V, 1re livr.) La résistance absolue des fers corroyés, dits *à câble*, en est ressortie à 3.300 kilogr. par centimètre carré. Toutefois, ce n'est pas sur cette limite extrême que j'ai compté; je me suis arrêté à des charges qui ont varié de 400 à 600 kilogr. par cent. carré (selon la grosseur d'échantillon et les fonctions de chaque pièce), et pour lesquelles il y avait certitude que le ressort de la matière ne serait pas altéré.

Quant à *la fonte*, le fournisseur, M. E. Martin, a présenté une série d'expériences faites à l'occasion d'un concours pour la reconstruction de la flèche de la cathédrale de Rouen, et dont j'ai accepté les principaux résultats, savoir :

1° Une barre de 0m,027 de côté, tirée dans le sens de sa longueur, n'a rompu que sous une charge de 10.588 kil., c'est-à-dire de 1.450 kil. par centimètre carré.

2° Des barres de même dimension, placées horizontalement et à plat sur deux points d'appui écartés l'un de l'autre de 0m,90, puis chargés au milieu, se sont rompus sous un poids moyen de 472 kil.; avec 300 kil. seulement, les barres ont fléchi de 0m,007.

Les fers et fontes de première qualité, fournis par l'usine anglaise de Charenton, quoique meilleurs encore que les précédens, ont été admis sur le même pied.

Quant au cuivre (bronze), j'ai adopté la résistance employée par M. de Reichenbach pour ses machines de Bavière, savoir : 2.500 kilogr. par centimètre carré.

Toutes ces données ont été confirmées par l'épreuve définitive qu'ont subie toutes les parties de la machine, au moyen de la presse hydraulique. Dans plusieurs expériences, et notamment pour l'essai des attirails, c'est le cylindre moteur lui-même (muni de son piston), qui a servi au développement de la puissance, au moyen d'une petite pompe d'injection adaptée à sa tubulure inférieure.

Au lieu du devis détaillé, dont il a été question plus haut, je vais présenter ci-après, en quatre tableaux, l'énumération des principales parties de l'appareil d'épuisement, avec l'indication des poids des matériaux qui les composent, et l'évaluation des dépenses qu'elles ont occasionées. Un cinquième tableau, relatif aux ouvrages de mine et de maçonnerie, complétera ce document, qui, à mon avis, doit intéresser les praticiens.

Ier TABLEAU.

I. MACHINE MOTRICE.	FONTE.	FER.	CUIVRE.
	kil.	kil.	kil.
1° Le cylindre Y avec sa base et sa boîte à cuir	5600 1093	»	(1) 16
La cuvette Z et la cage en fer y_1 y. . .	»	186	41
2° Le piston P avec sa rondelle de pression P'.	»	»	800
La pièce conique en fonte, qui coiffe la tête de la tige ; la vis P et le sabot *f* en fer.	19	12	
3° La tige du piston X (diamètre 0,13), la deuxième tige X', le manchon à clavettes qui les réunit.	»	1313	»
4° La tige à cannes *dd'*, le guide *g*... g^3, le sabot *h*.	»	122	(2) 2
5° Le cylindre du régulateur H H' avec sa boîte à cuir supérieure.	1802	»	(3) 119
La potence U	105 33	36	(4) 54
Son plateau de base, avec le godet I . . .	69	»	10
6° Les pistons régulateurs R, J et le manchon K (5).	»	(6) 18	372
La tige des pistons et la béquille inférieure .	»	65	»
7° Le petit appareil régulateur, comprenant le cylindre *e*, *i* (7), les pièces à robinet aa_1, ee_1 ; e_1 a_2; e_4 et les tubes $e_1 e_2 e_3$; a_3 (3)	30	»	165
8° Le mécanisme du petit régulateur, comprenant les pièces *pp* (9); *i*; *t v'* ; *t'* ; *s s* ; *v*, *v''* ; *s' v''* ; *s*.	»	57	(9) [illegible] 88
9° Les tuyaux O, S avec les boites à cuir W W', les valves V V' (en fer) et leur mécanisme y_1 y'_1.	1036	52	(10) 6
10° Boulons de toutes grandeurs	»	177	»
Totaux.	9787	2038	16?5
Le double pour les deux machines .	19574	4076	3350

Les deux machines, pesant ensemble 27000 kilog., ont coûté 67.390 fr.

Annotations relatives au Ier tableau.

(1) La boîte à cuir, son couvercle, le trou central du plateau sont revêtus de chemises et viroles en cuivre.

(2) Les colliers du guide sont garnis en cuivre.

(3) (4) Le cylindre H′ du piston d'aide est revêtu intérieurement d'une chemise en cuivre; il en est de même de la boîte à cuir.

(5) Les diamètres des pistons régulateurs R, J, K n'ont pas été indiqués dans le cours de la description de la machine. Ils sont respectivement de 0m,369, 0m,404, 0m,322.

(6) Le piston cannelé qui est en bronze, porte une forte traverse en fer, à son extrémité inférieure.

(7) Le petit cylindre *ei* a 0m,05 de diamètre intérieur.

(8) Le tube a^3 est seul en fonte de fer.

(9) Toutes les articulations du mécanisme sont garnies de viroles de cuivre.

(10) Les *tuyaux* O, S, dans leur partie *évasée*, sont garnis de chemises en cuivre; l'engrenage $y_1 y_1'$ est du même métal.

Nota. Les joints et emboîtemens des pièces dont se compose la machine ont été, pour la plupart, dressés au tour; les cylindres sont alésés avec soin intérieurement. Les parties en fer et cuivre sont en outre polies à l'extérieur.

IIe TABLEAU.

II. COLONNE DE CHUTE.	FONTE.	FER.	CUIVRE
	kil.	kil.	kil.
1° 31 tuyaux droits; 9 tuyaux courbes (1).	21440 4715	»	»
2° 3 joints compensateurs (2); la pièce O, avec les rondelles et vis de pression en cuivre, pour garniture.	1665 195	»	73
3° Clapet à l'orifice de la prise d'eau, et son mécanisme	50	48	»
4° 344 boulons, 31 manchons en cuivre battu, pour les joints, et 2 robinets. . .	»	265	74 7
Totaux.	28065	313	154
Et pour les deux machines.	56130	626	308
Dépense totale 30.847 francs; somme des nombres partiels	28055	1252	1540

III. BALANCIER.	FONTE.	FER.	CUIVRE
1° 8 tuyaux droits; 2 courbes; la pièce S_1.	6710 195	»	(3) 16
2° 58 boulons, 9 manchons pour les joints; 1 robinet.	»	45	22 5
Totaux.	6905	45	43
Pour les deux machines. . .	13810	90	86
Dépense totale 7515 fr.; somme des nombr.	6905	180	430

Suite du 2e tableau.

IV. PONT DE SUPPORT. (POUR LES DEUX MACHINES.)	FONTE.	FER.	CUIVRE
	kil.	kil.	kil.
1° Les flasques θ et les plateaux γ.	3022 2744	»	»
Les contre-fiches $\mu\nu$	682	»	»
2° Les ferremens π; ν; ω ω_1 ω_2; ρ; λ λ'; x; $\zeta\zeta'$	»	1279	»
Totaux.	6448	1276	»
Dép. tot. 5.492 fr.; somme des nombres.	3 40	2252	»

V. ATTIRAILS (4).	FONTE.	FER.	CUIVRE
1° Attirail tout en fer; cruchots d'arrêt.	»	168 0 7 5	»
2° Attirail de tirans de bois armés de fer (5).	»	9220	»
Cruchots d'arrêt.	»	975	»
Total.	»	27730	27730
Dép. tot. 34.644 fr. à raison de 1,20 le kil.			

Annotations relatives au 2e tableau.

(1) Un des tuyaux courbes a été employé dans le trop plein à la couronne de la galerie d'écoulement.

Le diamètre intérieur de tous les tuyaux de la colonne est de 0m,38; l'épaisseur des parois est de 0m,027.

(2) Les joints compensateurs, les cloches ou parties évasées sont toutes alésées; les tuyaux entrans sont tournés dans le pourtour et au sommet de leurs bourrelets.

(3) La pièce S, est munie d'une rondelle avec vis en cuivre, pour le serrage de sa garniture de cuir.

(4) Les machines sont supposées placées à leur extrême limite, puisant l'eau du niveau de 230 mèt. sous la galerie d'écoulement. Elles ne fonctionnent encore aujourd'hui que jusqu'au niveau de 174 mètres.

(5) On doit mentionner ici, pour mémoire seulement, le bois employé pour l'attirail; il y en a 15 mètres cubes qui sont compris, ainsi que la façon, dans le tableau no IV.

IIIe TABLEAU.

VI. POMPE ÉLÉVATOIRE.	FONTE.	FER.	CUIVRE.
	k.	k.	k.
1° Le cylindre en bronze C (1).	»	»	1826
La boîte à cuir	326	«	(2) 9
2° La tige-piston P; avec la rondelle et les boulons de la garniture *o*; le piston d'air *p*.	»	8	35
3° La chapelle H avec ses soupapes.	1550	»	560
Les pièces L', Ω; *v* en cuivre	1300	»	30
3° L'aspirateur A_1 A_2 A_3 avec les manchons	1346	»	6
d'assemblage; les tuyaux d'alimentation	»	»	27
et robinets u_1 u_2 u_3; la soupape W, le clapet *zz'*	»	4	9 / 26
5° 126 boulons pour les joints	»	119	
Totaux	4522	131	3228
Pour les deux machines.	9044	262	6856
Dépense totale 41,848 f., somme des nombres.	(3)9044	492	32280

VII. SUPPORTS DE LA POMPE.	FONTE.	FER.	CUIVRE
1° Les plaques d'appui M N et leurs ancres de scellement	604	65	
Les plaques *a*, *b*, H Q, avec les boulons qui les relient aux estempes.	1775	88	
Les cales *i*, les 16 boulons *a''* *a''*...; les étais J avec leurs coins de serrage . . .	346	76	
2° Les chaînes et armatures, composées des pièces *x'*; *m*, *m'*; *n n'*; *e e'*; *t*; X X' . . .	»	761	
Total pour les deux machines	(4)2725	990	
Dépense totale 3887 f., somme des nombres.	1907	1980	

VIII. COLONNE MONTANTE.	FONTE.	FER.	CUIVRE
1° Tuyaux droits de diverses épaisseurs, et tuyaux courbes Ω_1,... Ω_4	57654		
2° Cinq compensateurs; la pièce Ω	3840	»	95
3° Boulons et manchons pour les joints . .	»	687	206
	61494	687	391
Et pour les deux machines	122988	1374	602
Dépense totale 67252 f., somme des nombres.	67643	2748	3010

Annotations relatives au IIIe Tableau.

Le corps de pompe a 0^m,45 de diamètre intérieur, et 0^m,04 d'épaisseur.

La boîte à cuir contient trois rondelles de cuivre concave et convexes, pour le maintien des garnitures de cuir demi-annulaires.

La fonte est cotée à 100 fr. les 100 kil., en raison des façons de tournage, etc., qu'elle a reçues.

La fonte a coûté 70 fr. pour les 100 kil.

IVe TABLEAU.

IX. OBJETS, MATÉRIAUX DIVERS, MAIN-D'ŒUVRE.	NOMBRE.	PRIX.	SOMMES.
	m. c.		
1° Bois de chêne employé pour l'installation de la machine, pour tirant, estempes, bassins, planches, etc.	86	60	5160
Plomb en saumons et laminé.	1749	0,42	734
Cordages, huile, peintures, clous, etc. . . .	»	»	3362
2° Main-d'œuvre pour le montage de tout l'appareil d'épuisement, éclairage, façon des bois, etc	»	»	9466
3° Essais des tuyaux par la presse hydraulique, d'abord avec de l'eau, puis avec l'huile siccative.	»	»	2560
On compte que l'essai à l'huile coûte environ :			
11 fr. pour les tuyaux de 0^m,38 } de diamètre. 7 fr. pour ceux de. . . 0^m,275 }			
Total pour les deux machines. . .	»	»	21282

V• TABLEAU.

X. PERCEMENS SOUTERRAINS.	LONGUEUR.	PRIX.	SOMMES.
1° Galerie supérieure d'admission	370	18	6660
Puits d'airage et de service	27	69	1863
2° Puits ou cheminée de chute.	76	39	3964
3° Galerie d'écoulement	470	38,2	17954
Traverse pour l'airage et le service . . .	60	42	2520
4° Quelques frais accessoires.		»	531
Totaux	1003		33492

Le mètre courant revient à 33f.39, savoir : 22f.26 main-d'œuvre. 11f.13 consommation diverse pour étançonnage.

XI. MAÇONNERIE.	ENTAILLEMENT, BOISAGE.	MAÇONNERIE.	TOTAUX.
1° Galerie supérieure	6895	21771	28667
Accessoires : comme hangars, four à ciment, engins, outils.	»	»	2446
Totaux.	6895	21772	31113
2° Cheminée de chute : partie supérieure, muraillement complet.	2467	4610	7077
Partie médiane, simplement enduite . .	1519	371	1890
Partie inférieure, puisard, etc.	1745	3182	4927
Frais accessoires	»	»	82
Totaux	5731	8163	13976
3° Galerie d'écoulement :			
(*a*) son embouchure	1184	2276	3460
(*b*) parties muraillées vers son milieu .	4054	5740	9794
(*c*) aux abords du puits de chute. . . .	»	1276	1276
(*d*) frais accessoires, bâtardeaux, traits à frein, outils divers, etc.	»	»	1200
Totaux.	5238	9292	15730

Suite du 5ᵉ Tableau.

MAÇONNERIE (*Suite*).	ENTAILLEMENT, BOISAGE.	MAÇONNERIE.	TOTAUX.
4° Puits supérieur :			
a partie au-dessous du plan de pose de la machine.	1239	3789	5018
b partie au-dessus du plan ; chambre de la machine.	1925	3547	5472
c couronnement de ladite chambre.	»	1735	1736
5° Galerie de communication avec le fond du puits de chute, y compris les frais de percement	1179	330	1500
6° Ouvrages et frais divers :			
Engin à l'orifice du puits. . . . 1284 / Cintres pour les voûtes. . . . 577 / Cordages, outils, tonnes, etc. . 1497	»	»	3358
Totaux.	4343	9401	17094

Je n'ai pas fait mention sur les états précédens de la réparation ou plutôt du renouvellement presque complet du boisage du puits supérieur. Ce travail, quoique fort dispendieux, ne doit en effet pas être imputé à la machine à colonne d'eau, parce que, dans tout état de choses, il était devenu indispensable pour la conservation de ce puits important, le seul qui pût se prêter à l'installation d'un système d'épuisement quelconque.

Des motifs analogues me décident à écarter du compte général des dépenses de la machine les ouvrages en maçonnerie exécutés dans la partie ancienne de la galerie d'écoulement, et notamment à son embouchure. Ces constructions destinées à remplacer le boisage, partout où il se

trouvait exposé aux chances d'un renouvellement fréquent, peuvent être considérées comme une sage mesure d'avenir, dictée par l'intérêt bien entendu de l'exploitation. A la rigueur, le prolongement de cette galerie sur 470 mètres, jusqu'au puits supérieur, se trouve dans le même cas; cet ouvrage en effet eût été, tôt ou tard, la conséquence inévitable des progrès des travaux vers le sud, c'est-à-dire sur des colonnes métallifères de plus en plus éloignées de l'embouchure de la galerie. Cela est si vrai, que je me propose de poursuivre celle-ci beaucoup plus loin encore, sur le filon, en avant même de ces colonnes, non-seulement comme recherche, mais aussi pour éconduire toutes les sources supérieures, qu'aujourd'hui l'on est contraint de laisser retomber jusqu'au *quatrième niveau*, ou 34 mètres trop bas.

D'un autre côté, ayant supposé, pour l'attirail et la colonne montante, que les machines fonctionnent à leur limite de 230 mètres, je dois faire figurer ici l'approfondissement sur environ 60 m. du puits supérieur et le percement d'une galerie de 200 mètres qui, partant du bas de ce puits, irait atteindre et dessécher les travaux d'exploitation. La dépense de ces deux ouvrages peut être évaluée à 12.000 fr.; elle concerne bien réellement le nouveau système d'épuisement.

En définitif, on peut résumer comme suit les frais d'établissement de ce système, qui se compose de trois parties distinctes :

1. Appareil moteur.	Machines complètes.	I. Machine seule. . . . . . francs	67.890	103.329	208.937
		II. Colonne de chute.	30.847		
		IV. Pont de support.	5.492		
	Dispositions accessoires. Fixes.	X. Percemens souterr.; art. 1, 2, 4.	13.018	100.208	
		Ceux du fond du puits supérieur évalués à.	12.000		
		XI. Maçonneries; art. 1, 2, 3 (c), 4, 5, 6.	63.[illegible]		
		IX. (4e tableau.) Objets divers; partie évaluée à	11.72[illegible]		
2. Attirails et leurs balanciers.		V. Attirail.	34.644		44.719
		III. Balancier.	7.515		
		IX. Objets divers, etc.; part. év. à	2.560		
3. Pompes élévatoires.		VI. Pompes, avec accessoires. . .	41.[illegible]		119.955
		VII. Supports des pompes.	3.887		
		VIII. Colonne montante.	67.152		
		IX. Objets divers, etc.; part. év. à	7.000		
				TOTAL. . . , francs	368.611

Ceci toutefois est plutôt un aperçu technique qu'un compte de deniers; car il manque diverses dépenses dont quelques-unes ont été omises à dessein, comme n'étant pas d'une application générale. Aussi, 1° je n'ai pas compris dans le tableau ci-dessus les frais de transport qui cependant, pour une masse de 260.000 kil. de matériaux métalliques dont se composent les machines, ont été très considérables, surtout en raison de notre excessif éloignement de tout centre industriel. Sur ces 260.000 kil., 40.000 au moins sont venus *par terre* de Paris, à raison de 25 francs le quintal; 2° il n'a rien été compté non plus pour frais généraux, voyages, expériences et recherches diverses, etc., qui forment aussi une somme assez forte, mais variable comme la précédente d'un lieu ou d'un cas particulier à un autre.

Il ne faut pas perdre de vue que cette dépense de 368.611 fr. s'applique à un mode d'épuisement totalement renouvelé et s'étendant à la profondeur considérable de 230 mètres sous la galerie d'écoulement, ou à 330 mètres du jour. Si l'on se rappelle d'ailleurs toutes les difficultés de la question,

et principalement l'énorme puissance à manier, la grande quantité d'eau à épuiser, l'acidité de cette dernière qui rend obligatoire l'emploi fort dispendieux d'une grande masse d'instrumens en cuivre, la nature perméable et ébouleuse du terrain dans la plus grande partie des percemens souterrains, etc., on ne trouvera plus le chiffre ci-dessus trop élevé. On comprendra mieux encore les avantages d'un tel sacrifice si, après avoir comparé le nouvel appareil avec l'ancien, ou avec d'autres du même genre, sous le rapport de l'effet utile et des frais d'établissement, on rapproche aussi les dépenses d'entretien des deux systèmes. Un relevé du travail de quatre ans a fait voir que la machine à colonne d'eau n'a coûté, année moyenne, que 4.300 fr. tout compris, surveillance et matières consommées. Cette somme peut être portée à 5.000 fr. pour les deux machines (le personnel qui à lui seul coûte 3.200 fr. restant le même); or, on a déjà dit que les anciennes machines coûtaient, dans le même temps, 4.000 fr.

Les machines à colonne d'eau ressortent donc de ces comparaisons avec tous les avantages qu'on leur attribue généralement. Il faut convenir cependant qu'élevées aux proportions de celles d'Huelgoat, elles ne seraient que d'un bien rare emploi, si, surtout, il fallait les établir toujours avec ce *luxe* de solidité auquel j'ai été forcé par les conditions de la question.

Je ne crois pas que, pour les puissantes machines et les hautes chutes, il soit possible d'arriver à une solution beaucoup plus simple que celle qui fait le sujet de cet écrit; mais je pense qu'il n'en est pas de même pour les appareils à petite force. Je suis surtout convaincu que les

faibles chutes sont aussi susceptibles d'être utilisées pour le même genre de machines, avec un grand avantage sur les roues à augets dans certains cas, particulièrement quand il s'agit de développer et transmettre un mouvement rectiligne alternatif (1). Il ne me paraît y avoir d'autre limite, en l'espèce, que celle à laquelle on peut atteindre dans l'exécution de cylindres d'un très grand diamètre.

Le même moteur deviendra plus utile encore et d'un usage plus fréquent, si l'on parvient à une combinaison simple de moyens simples eux-mêmes, pour transformer en mouvement de rotation (2) celui de *va et vient* du piston principal.

Le succès de toutes ces applications dépend uniquement d'un bon système de régulation. Il en faut en particulier dans les machines à petites chutes et à mouvement lent, où les chocs et contre-coups ne sont pas à redouter. Un troisième

---

(1) M. Baillet a le premier indiqué ce genre d'applications pour des machines soufflantes (voyez *Journal des Mines*, t. III), mais il n'a pas résolu la principale difficulté, celle d'un régulateur convenable.

(2) Des machines à colonne d'eau de rotation n'ont encore été essayées qu'en deux localités. D'abord, dès 1817, à Vedrin, près Namur, où M. l'ingénieur Boüesnel a eu l'heureuse idée de tirer parti de l'eau qu'il était obligé d'élever d'une grande profondeur, pour servir à l'injection dans une machine à feu. En retombant à la galerie d'écoulement, elle devenait force motrice pour mouvoir une machine d'extraction (voyez *Annales des Mines*, 1re série, t. IV, p. 59). Depuis, un ingénieur hongrois, M. Schitko, a fait un essai du même genre pour faire marcher un bocard. Mais ces deux solutions, la seconde surtout, me paraissent trop compliquées et susceptibles de grandes améliorations.

procédé, en remplacement des pistons cannelés (1), est nécessaire pour les machines à grandes vitesses, celles de rotation par exemple, surtout quand la chute est haute. Je me suis déjà occupé de ce double problème, dont je poursuivrai la solution avec d'autant plus d'ardeur qu'alors seulement mon travail d'Huelgoat pourra devenir fertile en heureuses conséquences pour l'industrie nationale, et que je pourrai me féliciter d'avoir le premier introduit en France l'usage des machines à colonne d'eau.

---

(1) Je n'ai pas prétendu préconiser les pistons cannelés d'une manière absolue; je pense au contraire qu'il peut y avoir d'autres manières de satisfaire au principe sur lequel repose tout bon système de régulation, à savoir : que les orifices et les vitesses d'écoulement diminueront par degrés insensibles jusqu'à zéro, vers la fin de la course du piston moteur. Ainsi un piston sans cannelures, qui tout près de la fin de sa course ferait un temps d'arrêt ou se mouvrait avec une très petite vitesse, pourrait également offrir les avantages énoncés ci-dessus. Il n'y aurait pas non plus de chocs si le régulateur se mouvait très lentement; mais cette excessive lenteur serait elle-même un inconvénient grave dans le plus grand nombre de cas. On pourrait peut-être aussi amortir la force vive de la colonne de chute avec une régulation rapide, en donnant issue, au moment de la clôture, à une certaine quantité d'eau, par un orifice *ad hoc*, muni d'un robinet, qui serait mené par la machine. Cet orifice, qui à la vérité tend à diminuer l'effet utile, donnera peut-être le moyen de construire des machines simples marchant à grandes vitesses, et propres par conséquent aux nombreuses applications qui demandent un mouvement de rotation.

OBSERVATIONS

Sur quelques passages d'un mémoire intitulé : de l'Emploi des combustibles dans les hauts-fourneaux, *inséré dans les Annales de chimie et de physique, tome LIX, p.* 264 (1835).

Par M. GUENYVEAU, ingénieur en chef des mines.

Personne, je pense, n'est disposé à nier l'utilité de la critique exercée sur les théories et les assertions de toute espèce qui sont émises chaque jour dans le but toujours louable d'expliquer les phénomènes encore si obscurs des procédés métallurgiques, et d'éclairer la marche des hommes voués à la pratique. Toutefois, il est évident que la première condition à remplir lorsqu'on se lance dans cette voie, c'est de bien connaître les phénomènes dont on s'occupe, et de bien comprendre les opinions que l'on veut réfuter.

Nous tâcherons de ne pas oublier ces principes dans l'examen auquel nous allons nous livrer, après avoir repoussé une attaque que l'auteur se serait épargnée s'il avait procédé avec plus de réflexion.

Je lis, page 274 du *Mémoire sur l'emploi des combustibles* : « En proposant de supprimer la cuve des hauts-fourneaux, on a sans doute pensé que ce serait un moyen de diminuer la consommation du combustible, parce qu'*apparemment* on a supposé qu'il s'en brûle d'autant plus que les fourneaux ont plus de capacité ; mais *cette supposition est une erreur.* » Cette supposition, passable

ment étrange, ne m'appartient pas, et ne se trouve énoncée nulle part; cela est suffisamment démontré par les précautions et l'incertitude qui dominent la phrase de l'auteur : d'ailleurs je crois qu'on m'accordera facilement qu'ayant professé pendant quatorze ans la métallurgie à l'École royale des mines, j'ai eu l'occasion de réfléchir sur l'influence du courant d'air dans la combustion, et de reconnaître que la consommation du combustible sur une grille ou dans un foyer, n'est pas proportionnelle seulement à la surface de l'une ou à la capacité de l'autre.

Je soupçonne que l'auteur ayant fait tout récemment la découverte de ces vérités, a pensé qu'elles ne s'étaient révélées qu'à lui seul. Nous verrons d'autres exemples de cette disposition de son esprit.

L'auteur aurait dû comprendre mieux le véritable but des changemens que j'ai proposés, et qui est exposé très explicitement en plusieurs endroits de mon ouvrage, et principalement pages 35 et 36, 42 et 43, etc. (1). J'ai manifesté l'espoir d'obtenir, avec toute espèce de minerai et de combustible,

---

(1) Le cahier des *Annales de chimie* qui contient l'article auquel je réponds est daté du mois de juillet, mais il n'a paru qu'au mois d'octobre suivant, plus d'un mois après la publication des *Nouveaux procédés pour fabriquer la fonte et le fer en barres* (chez Bachelier, libraire, quai des Augustins, n° 55); mais le mémoire sur lequel l'ouvrage a été imprimé, ayant été adressé à M. le Directeur-général des ponts-et-chaussées et des mines, vers le 20 février 1835, a été renvoyé à une commission dont l'auteur de l'article des Annales de chimie était membre, et il a dû lui parvenir dans les premiers jours du mois de mars.

de meilleure fonte que celle que l'on fabrique aujourd'hui ; ensuite de faire disparaître les variations qu'on éprouve journellement dans la marche des hauts-fourneaux à fer et la nature de leurs produits, et tout cela par l'effet d'une meilleure préparation des minerais et du combustible, en même temps que par une conduite du fourneau rendue plus facile et mieux surveillée : cela peut paraître incertain, mais du moins aucun fait bien observé n'empêche de l'espérer, parce que le fondement en est tout autre que celui qu'il a plu au critique de m'attribuer. L'économie du combustible pourrait il est vrai résulter de la dernière circonstance dont je viens de parler, si elle se réalisait, mais il en est à peine fait mention dans l'exposé du nouveau procédé.

Je suis loin de me plaindre de la discussion en elle-même, que j'ai appelée de tous mes vœux avant la publication de mon travail ; j'aurais seulement désiré qu'elle eût frappé juste et qu'elle eût éclairé la matière ; au reste, j'ai lieu ce me semble de me féliciter de ce que, ayant traité un sujet aussi difficile, le critique dont il s'agit n'ait su trouver à relever qu'une *erreur* qui n'existe que dans son imagination.

Occupons-nous maintenant du Mémoire même et des assertions qu'on y trouve.

I. Je lis, page 282, le passage que voici : « Il se peut qu'il se brûle alors plus de charbon dans le creuset que quand l'air entre dans le fourneau (haut-fourneau) *par la simple pression atmosphérique*, ce qui est le point important. » Où donc l'auteur a-t-il vu l'air entrer dans un haut-fourneau par la simple pression de l'air atmosphérique ?

Peut-être avons-nous mal compris? suivons: quelques lignes plus bas je vois: « Parce que l'air ne se dépouille de tout son oxigène qu'après avoir traversé une épaisseur de combustible, qui vraisemblablement n'est pas de beaucoup inférieure à celle nécessaire pour épuiser l'oxigène de l'air froid *non comprimé.* » Même préoccupation en faveur de l'air *non comprimé* à la vingt-troisième ligne... « On ne pourrait le faire pénétrer (l'air chauffé) avec la densité de l'*air atmosphérique* qu'en faisant une dépense de force motrice considérable. »

On ne voit aucune nécessité d'arriver à la densité de l'*air atmosphérique;* et il vaudrait mieux, ainsi que le remarque l'auteur, dépasser cette densité.

Il y a dans tout ceci erreur et confusion d'idées; l'air n'entre jamais dans un haut-fourneau que par l'effet d'une compression plus ou moins forte, ou d'une vitesse imprimée à l'aide d'une machine; la combustion qui a lieu dans un air comprimé, ou bien au milieu d'un courant d'air possédant une certaine vitesse, doit être excitée à peu près au même degré et de la même manière dans ces deux cas, parce que le résultat est toujours de mettre en contact un plus grand nombre de molécules d'oxigène et de combustible dans un temps donné: il est certain d'ailleurs que l'air projeté dans un fourneau se dilate au sortir de la tuyère, et au moment où les parois qui le contenaient viennent à lui manquer; mais il continue à se mouvoir dans la même direction, et bien qu'on ne puisse déterminer la densité et la vitesse qu'il possède à une certaine distance de l'orifice d'écoulement, encore moins savoir si dans l'intérieur de l'ouvrage il est à la densité ordinaire de l'air de l'atmosphère, on doit reconnaître qu'il

y a un prompt affaiblissement dans sa densité en raison de l'extension de volume qu'il tend à prendre au sortir de sa prison, et par l'effet de la chaleur qu'il éprouve bientôt dans l'ouvrage. D'un autre côté, la vitesse de l'air projeté doit être altérée par les divers obstacles que l'air rencontre dans son mouvement : il est donc assez difficile de se faire une idée exacte de l'état de l'air introduit dans un fourneau et contenu dans l'espace circonscrit par un rayon de six pouces autour de la tuyère ; toutefois, je suis porté à croire que le degré de sa compression (ou sa force élastique) est toujours bien au-dessus de celui de l'atmosphère.

II. Quant à *la théorie* des effets de l'air chaud (page 279) donnée par l'auteur, et qui se résume en un fait assez vulgaire, savoir : l'accroissement de l'énergie de la combustion par l'élévation de la température de l'air qui la produit, il faut faire remarquer que l'air lancé froid dans un fourneau, s'échauffe nécessairement à une petite distance au-dessus de la tuyère, en raison de la chaleur de l'ouvrage, et que la principale différence qui existe à cet égard entre l'air projeté froid et l'air projeté chaud, consiste en ceci que la combustion rapide et énergique du charbon commence à s'opérer plusieurs pouces plus bas dans l'ouvrage, lorsque l'air a été préalablement échauffé à une certaine température ; on aperçoit encore que l'air froid enlève un peu de chaleur au foyer pour atteindre à la température de celui-ci, et enfin que l'état de dilatation où se trouve l'air préalablement échauffé, doit recevoir une compensation (relativement à l'air froid), soit par une plus grande vitesse de projection, soit par une faculté comburante plus énergique.

On peut croire aussi que la combustion effectuée par l'air chauffé développe une plus forte chaleur, à une petite distance de la tuyère, et sur une plus grande étendue en hauteur dans l'ouvrage (1): or ce sont là précisément les circonstances reconnues par tous les métallurgistes et les fondeurs comme les plus favorables à la production d'une bonne fonte grise, ainsi qu'à la réduction complète des minerais et à la fusion des gangues, ainsi que je l'ai fait remarquer ailleurs.

Il est encore vrai de dire, avec l'auteur, que la concentration de la combustion dans l'ouvrage des hauts-fourneaux à fer et l'épuisement de l'air relativement à l'oxigène, effectué dans cette partie du fourneau, rend impossible une consommation de charbon dans les parties supérieures, et par suite doit produire de l'économie sur le combustible, ainsi qu'on l'a observé en employant l'air chauffé.

---

(1) Ces suppositions me paraissent suffisamment confirmées par les expériences de MM. Buff et Pfart (pages 89 et suivantes de ce tome VIII); elles montrent en effet 1° que la combustion opérée par l'air froid sur une colonne de combustible s'étend sur une grande partie de celui-ci; tandis qu'avec l'air chaud elle se concentre sur les premiers charbons, où elle est alors extrêmement vive (p. 91); « 2° l'air froid, en passant sur les charbons rouges, ne peut pas servir immédiatement à la combustion : il est indispensable qu'il soit d'abord élevé à une certaine température; il suit de là 3° que l'oxigène de l'air froid se trouve en contact avec une plus grande quantité de charbon que cela n'a lieu pour l'air préalablement échauffé, et encore il peut arriver, dans le premier cas, qu'une partie de cet oxigène s'échappe sans avoir servi, comme cela a lieu dans tous les fourneaux en général (page 92); 4° l'air qui, à son entrée dans le fourneau,

Mais pour justifier la prétention d'avoir donné *une théorie des effets de l'air chaud*, l'auteur aurait dû expliquer pourquoi les hauts-fourneaux produisent plus de fonte et ont une marche plus régulière en hiver, c'est-à-dire lorsque l'air est froid, qu'en été lorsque l'air est chaud; c'était le cas de rechercher, par l'expérience, à quelle température de l'air l'énergie de l'affinité de l'oxigène pour les combustibles est augmentée au point de compenser le désavantage d'une moindre densité du corps comburant, etc. On aurait déterminé le degré d'échauffement de l'air où commencent ses effets avantageux, et celui où une plus haute température de l'air projeté devient inutile ou sans avantages réels : or rien de tout cela n'a été fait.

Cependant l'auteur indique (comme résultat em-

---

possède la température nécessaire pour produire la combustion, la détermine avec une grande intensité, et *la chaleur se trouve alors concentrée dans des limites très resserrées;* elle est même considérablement augmentée, parce que l'azote qui résulte de la combustion absorbe beaucoup moins de chaleur. » Les auteurs ajoutent que dans les hauts-fourneaux, « tout l'oxigène qui s'élève du creuset (ouvrage) sans avoir été consommé, se trouvant en contact dans toute la hauteur avec du charbon incandescent, il en résulte nécessairement une consommation en pure perte. »

En admettant cette assertion, on explique ces faits assez généralement constatés jusqu'ici, à savoir « qu'en employant de l'air chaud dans les cubilots ou les hauts-fourneaux, les charges descendent plus lentement, ou, en d'autres termes, que pendant le même temps il se brûle une moins grande quantité de charbon, nonobstant la plus grande élévation de la température, et quoique l'air soit lancé dans le fourneau en même quantité et à la même pression (p. 93). »

pyrique) pour limite supérieure d'échauffement, 200° dans les hauts-fourneaux à charbon de bois, et 300° pour ceux où l'on brûle du coke ou de la houille : malheureusement ce dernier nombre ne s'accorde pas avec le fait que j'ai cité dans mon Rapport sur les effets de l'air chauffé (*Annales des mines*, t. VII, p. 31), et qu'on a observé sur les fourneaux à coke de Lavoulte (Ardèche), qui profitent de tous les avantages du nouveau procédé, et ne reçoivent que de l'air chauffé à 160° ou 170° c.

III. L'auteur voit ensuite dans les effets de l'air chaud l'explication d'un fait sans doute important, savoir celui de la plus grande consommation que l'on fait dans les hauts-fourneaux à fer, en coke qu'en charbon de bois, pour obtenir une tonne de fonte; mais il faut faire remarquer d'abord qu'on n'a pas attendu l'emploi de l'air chaud, ni les théories auxquelles il a pu donner lieu, pour reconnaître que cette différence tient *en partie* à une moindre facilité de combustion dans le coke, d'où résulte la nécessité de projeter sur ce combustible beaucoup plus d'air et de l'air plus comprimé que sur le charbon : il n'est personne qui n'ait vu que cette surabondance d'air projeté était une cause puissante de refroidissement, et par suite l'occasion d'une plus grande consommation de coke. Il n'y a donc rien de nouveau dans l'explication qu'on nous donne, quoique l'assertion de l'auteur, que le procédé de l'air chaud doit être plus avantageux au combustible le moins facile à embraser, soit vraie et confirmée jusqu'ici par l'expérience; mais il fallait en même temps tenir compte des cendres du coke, et l'on aurait vu que l'on consommera vraisemblablement toujours plus de coke ou de houille que de charbon de bois, dans les hauts-fourneaux, et

pour fabriquer une même quantité de fonte, même en employant l'air chauffé.

IV. Arrêtons-nous sur une assertion plus grave que les précédentes : « Un jour probablement on tirera un parti avantageux de *la vapeur d'eau*, composé si riche en oxigène, et qui contient en outre un excellent combustible. » J'ai la même conviction que l'auteur, et de plus j'ai indiqué et préparé plusieurs applications très importantes du mélange de vapeur d'eau et d'air (tous les deux fortement échauffés) à des opérations métallurgiques qui réclament un puissant agent d'oxidation, telles que l'affinage de la fonte de fer, le grillage des minerais sulfureux et des mattes cuivreuses, etc. : mon mémoire, adressé à M. le Directeur-général vers le 20 février 1835, a été communiqué à une commission dont l'auteur faisait partie, dans les premiers jours du mois suivant. Mais ce que l'on trouve dans le *Mémoire sur l'emploi des combustibles*, p. 287, me semble bien difficile à admettre, et pourrait donner lieu à de grands mécomptes, si les maîtres de forge, sur le nom de l'auteur, cherchaient à en faire l'application ; c'est pour cela que je vais entrer dans quelques détails.

« Il y aurait dès à présent, dit l'auteur, un grand intérêt à rechercher quel serait l'effet dans un haut-fourneau, d'un mélange de cette vapeur échauffée à 200° ou 300°, avec de l'air atmosphérique, en proportions variées. »... « Les phénomènes seraient très complexes, et à cause de cela il ne paraît pas possible de rien prévoir, avant de connaître les résultats de quelques expériences fondamentales. »

C'est précisément ce mélange d'air et de vapeur à une haute température que MM. Pelletan et

Labarre proposaient à la compagnie d'Alais d'employer pour alimenter leurs hauts-fourneaux(1); ils ont appliqué ce procédé à un cubilot que j'ai vu en expérience (en 1832 ou 1833) et qui donnait de mauvais résultats.

La projection de la vapeur (sans doute mêlée avec de l'air) a été essayée, dans les hauts-fourneaux, en Angleterre, il y a peut-être 30 ans, ainsi qu'on l'apprend par un article des *Annales des arts et manufactures d'Oreilly*; mais le fourneau marcha rapidement à une extinction complète.

Quoi qu'il en soit des essais que l'on peut toujours supposer avoir été mal faits, lorsqu'on n'en connaît pas les détails, il paraît cependant opposé à toute vraisemblance de succès d'introduire de la vapeur d'eau (composé très oxidant, mais qui ne peut produire beaucoup de chaleur en se décomposant sur le charbon) dans l'ouvrage d'un fourneau où se trouve du fer récemment réduit, élevé à une haute température, et que l'on veut combiner avec le carbone ou conserver à l'état de fonte: n'est-il pas évident que toute la vapeur d'eau qui échappera à la décomposition par le charbon, aux environs de la tuyère (et ce sera toujours une forte proportion), s'élèvera dans l'ouvrage, et en se portant sur le fer réduit ou sur la fonte déjà formée, l'oxidera et détruira ce qui aura été fait précédemment pour séparer le fer métallique de ses minerais? La présence de la vapeur dans l'ouvrage annulerait donc l'effet de toutes les précau-

---

(1) Ils ne considéraient que l'air introduit, sans s'inquiéter de l'effet que pourrait produire la vapeur d'eau.

tions et dispositions prises pour s'opposer à l'oxidation du fer réduit, et à la décarburation de la fonte, à son passage devant la tuyère.

Cet emploi de la vapeur d'eau me paraît si visiblement et si directement contraire à toutes les idées reçues, que je l'ai vivement combattu et repoussé dans une note rédigée à l'occasion de l'expérience de M. Labarre, et qui a été remise à la compagnie des mines et fonderies d'Alais, par M. l'inspecteur-général Beaunier. Je ne m'attendais pas à le voir reproduire un jour, et surtout par l'auteur du *Mémoire sur l'emploi du combustible dans les hauts-fourneaux*, qui ne l'a d'ailleurs appuyé d'aucune observation particulière ou nouvelle.

L'auteur indique l'emploi de l'air chauffé projeté sur les minerais et les mattes sulfureuses, comme devant être avantageux lorsqu'il s'agit d'en opérer le grillage : je pense que le mélange de la vapeur d'eau sera là bien à sa place, et que les moyens de le projeter tout échauffé, tels que je les ai indiqués, promettent un plein succès dans l'exécution.

NOTE

Sur l'emploi de la vapeur d'eau dans les hauts-fourneaux à fer.

Depuis l'impression de ce qui précède, j'ai eu connaissance d'essais faits pour constater *les effets de la vapeur d'eau* projetée dans un haut-fourneau à fer, et je m'empresse d'insérer ici l'article du *Journal de Chimie et de Technologie* de Erdmann (tome II, page 509), qui contient les seuls détails venus à ma connaissance. On pourra trouver que les résultats annoncés ne sont pas favorables à mes assertions; mais, quand il en serait ainsi, je ne regretterais pas d'avoir reproduit en français des considérations importantes sur les hauts-fourneaux à fer, et appelé l'attention des métallurgistes sur des faits qui deviennent plus intéressans encore depuis que l'on connaît les effets produits par la projection de l'air chauffé dans ces fourneaux.

Il s'agit de l'essai qui a été fait en projetant de la vapeur d'eau dans le haut-fourneau de Schierke, et dont rend compte M. Zincken, qui lui-même l'a répété, mais sans succès, dans le fourneau de Magdesprung.

Le fourneau de Schierke (dans le comté de Wernigerode), où M. Freitag a fait les essais dont nous allons rapporter les circonstances, produit au plus 228 quintaux de fonte par semaine. Dans la dernière campagne, qui commença le 10 mai 1826, on passait en 24 heures 25 charges, terme moyen.

L'appareil à vapeur fut placé dans le dernier trimestre de cette même année; voici en quoi il consistait : la vapeur était formée dans une cornue en fonte pouvant contenir à peu près 4 ei-

mer d'eau; le col de cette cornue était engagé dans un tuyau en bois (qui plus tard dut être cerclé en fer, quand on s'aperçut qu'il s'était fendu et qu'il laissait échapper de la vapeur); le vide entr'eux deux était garni et lutté avec de l'argile et de la paille coupée; à l'autre extrémité de ce tuyau en bois se trouvait appliquée une allonge en fer, courte et qui s'étendait jusque dans l'intérieur de la tuyère du fourneau; cette cornue ayant été remplie d'eau, fut chauffée sur un feu de charbon (1).

Quand l'appareil à vapeur fut en activité, la descente des charges se rallentit d'abord, de manière qu'on ne put faire passer que 23 charges en 24 heures; mais bientôt les charges se suivirent avec plus de promptitude, et l'on vit avec satisfaction qu'il en passait 36, puis 38, puis 39, et quelquefois 40, en 24 heures; le produit de la semaine fut de 285 quintaux, sans y comprendre les grenailles (*wascheisen*) retirées des laitiers par le bocardage.

Dans la semaine suivante, le fourneau éprouva presque les mêmes variations dans les charges, quoique son allure fût toujours très chaude (*sehr gaare*), et les soufflets jouant avec rapidité. Le produit dans cette semaine fut de 315 quintaux

---

(1) Cet appareil, très grossier, peut cependant servir à des essais dont le but unique est de constater des résultats métallurgiques; et je conseillerais de commencer ainsi (faute de mieux) les expériences que j'ai indiquées comme devant être faites pour employer la vapeur d'eau mélangée d'air, dans l'affinage de la fonte de fer, pour la décomposition des pyrites de fer, de cuivre, et d'autres sulfures, etc. A. G.

pas moins surprenant que cette influence n'ait pas été immédiatement nuisible, ainsi qu'on l'a observé en Angleterre (1), et comme il arrive toujours lorsqu'on introduit de l'air humide dans un fourneau à cuve.

Je suis persuadé que si la projection de la vapeur d'eau dans le fourneau de Schierke n'a pas amené d'inconvénient grave, ou bien même si on en a obtenu des résultats avantageux, cela tient à des circonstances accessoires que je vais indiquer seulement comme possibles, n'ayant aucun moyen de bien asseoir, et encore moins de vérifier mes conjectures.

1° La vapeur projetée était peut-être en fort petite quantité par rapport à la masse d'air lancée dans le fourneau? et alors son effet défavorable a pu être peu sensible.

2° On pourrait expliquer, jusqu'à un certain point l'accroissement du produit journalier observé au fourneau de Schierke, par l'augmentation qui serait survenue dans la quantité d'air introduit à l'ordinaire, et qui a pu être déterminée par la projection de la vapeur d'eau dans la tuyère; car cette disposition est précisément celle que j'ai proposée pour former et employer un mélange d'air et de vapeur d'eau, et qui est dû à M. Pelletan (2). La vapeur projetée dans une tuyère, dont le pavillon est ouvert dans l'atmosphère, ne peut manquer d'entraîner de l'air avec elle, et

(1) Les hauts-fourneaux où l'on brûle du coke seraient-ils plus affectés par le refroidissement que cause le contact de la vapeur avec ce combustible minéral que ceux où l'on brûle du charbon de bois? Cela est probable.

(2) Voyez *Nouveaux procédés*, etc., page 73.

jusque dans l'ouvrage du fourneau : on sait d'ailleurs que l'air extérieur est déjà sollicité à entrer dans la tuyère par le seul mouvement du jet qui sort de la buse de la machine soufflante. Cet entraînement, dont il est impossible d'apprécier l'intensité, peut cependant avoir augmenté notablement la masse d'air introduite dans le fourneau; cette augmentation étant nécessairement d'ailleurs en raison de la quantité de vapeur injectée, et de la force élastique (ou température) de celle-ci, toutes circonstances que nous ignorons complétement, pour les essais de M. Freitag.

Toutefois, si cet entraînement a eu lieu, et si par suite la quantité d'air introduite dans le fourneau a éprouvé une augmentation, cela explique suffisamment l'accroissement du produit journalier.

3° On pourrait aussi penser que le mélange de l'air projeté avec de la vapeur très échauffée, mélange qui s'opère dans la tuyère, déterminant l'échauffement de l'air à un certain degré, produit, en partie du moins, les effets que nous reconnaissons maintenant comme résultant de l'emploi de l'air chauffé projeté dans les fourneaux à cuve, mais qui n'étaient pas connus en 1826.

Les deux dernières circonstances dont nous venons de faire mention ont pu concourir simultanément pour améliorer la marche du haut-fourneau; mais elles excluent la supposition (n° 1) d'une très petite quantité de vapeur injectée.

D'après les réflexions qui précèdent je suis porté à croire que les effets *mécaniques* de la vapeur d'eau introduite dans le haut-fourneau de Schierke, ont été la cause unique des résultats avantageux qu'on a annoncés comme lui étant

dus, et que ceux-ci n'ont été obtenus que parce que ces effets que j'appelle mécaniques, ont surpassé, ou plus que compensé les effets *chimiques*, que je persiste à considérer comme devant être désavantageux dans tous les cas.

NOMS DES MINES, suivi du rapport de la durée du travail effectif à la durée du repos dans les 6 heures.	Rayon mécanique du manége ou baritel.	Diamètre du tambour.	Longueur des traits depuis la barre du manége jusqu'à la poitrine des chevaux	Diamètre mécanique des poulies
	mèt.	mèt.	mètr.	mèt.
(1) Habacht fundgrube .... 1,057 à 1.	7,05	3,384	3,384	1,97
(2) Alte Mordgrube fundgrube.......... 1,781 à 1.	7,33	4,98	3,384	1,97
(3) Jung Himmlische Heer fundgrube........ 1,4 à 1.	6,768	3,243	3,384	1,83
(4) Weisse Schwan und volle Rose fundgrube... 1,98 à 1.	8,178	3,384	3,384	1,97
(5) Segen Gottes und Herzog August fundgrube.. 0,969 à 1.	6,768	3,384	2,82	1,97
(6) Kiesschacht Sammt Methusalem fundgrube.. 1,883 à 1.	9,024	4,653	3,525	1,76
(7) Mathias fundgrube............... 1,312 à 1.	7,896	4,23	3,666	1,97
(8) Neu Glück und Drei Eichen.......... 2,692 à 1.	12,408	5,781	3,454	0,84
(9) Reicher Bergsegen fundgrube......... 1,16 à 1.	7,755	3,595	3,384	1,97
(10) Sonne Wirbel Sammt Holewein fundgrube.. 0,742 à 1.	6,204	2,538	3,384	1,69
(11) Sonne und Gabe Gottes fundgrube...... 3,654 à 1.	6,768	3,384	3,384	1,69
(12) Alte Elisabeth fundgrube........... 1,483 à 1.	6,768	3,102	3,384	1,69
(13) Neuer Morgenstern Erbstolln......... 1,741 à 1.	6,768	3,102	3,384	1,97
(14) Gesegnete Bergmanns Hoffnung fundgrube.. 0,44 à 1.	5,781	2,538	2,326	1,69
(15) Gott Vertrauter Daniel Erbstollen...... 0,586 à 1.	5,64	1,974	3,384	1,12
(16) Alexander Erbstolln.............. 0,97 à 1.	5,922	3,243	3,525	1,69

NOTE

Sur le travail des hommes et des chevaux employés à l'exploitation des mines.

Par M. COMBES, Ingénieur des mines.

§I. Travail utile des chevaux employés a l'extraction des minerais.

Le tableau A, extrait d'un mémoire de M. le Bergmeister Böbert inséré dans l'*Archiv für Mineralogie* de Karsten, vol. 5, p. 259, contient l'indication des dimensions des manéges, tels qu'ils sont construits dans l'Erzgebirge saxon, et du travail utile des chevaux qui sont attelés six heures par jour. Nous avons traduit les mesures allemandes en mesures françaises, en prenant pour la valeur

Du pied de Leipsick.	$0^m,283$
Du lachter ou toise de 7 pieds Leipsick.	$1^m,98$
De la livre poids de Cologne.	$0^k,469$
Du quintal dè 110 liv. poids de Cologne.	$51^k,60$

Les observations de M. Böbert sont de l'année 1826.

On voit que les résultats des lignes 14 et 15 du tableau sont très faibles comparativement aux autres; ce qui tient évidemment à ce que, les puits n'ayant qu'une très petite profondeur, la durée du travail effectif des chevaux n'est guère que la moitié de celle des intervalles de repos employés

à vider et accrocher les tonnes. Les résultats de la ligne 10 sont dans le même cas. La durée du travail n'est encore que les trois quarts des intervalles de repos. En mettant de côté ces trois lignes, on trouve pour le travail utile moyen du cheval, d'après les observations faites sur les treize manéges qui restent, 921.383 kil. élevés à un mètre de hauteur verticale. Cette moyenne pèche par défaut, d'une part, parce que chaque tonne doit être élevée un peu au-dessus de l'orifice du puits, et ensuite parce que, dans les puits brisés, nous avons calculé la hauteur verticale comme si l'axe du puits avait partout l'inclinaison la plus faible; le tableau inséré dans l'*Archiv* ne donnant pas les profondeurs des parties du puits prises isolément. Enfin nous ferons remarquer que les puits étant tous inclinés, excepté un, et l'angle avec la verticale étant même très considérable pour quelques-uns, le frottement des deux câbles sur le sol, ainsi que le frottement aux axes des rouleaux latéraux adaptés aux tonnes, doivent donner lieu à un travail résistant considérable. Ainsi pour le puits de la mine *Bergsegen fundgrube* (ligne 9 du tableau), l'inclinaison étant de 62° sur l'horizontale, et la longueur moyenne du câble de $102^m,225$, à quoi correspond un poids de 170 kil., on voit que la composante du poids normale au sol incliné du puits est de $79^k,73$. En admettant que le frottement soit égal au tiers de la pression, ce qui ne paraît point exagéré, ce frottement donne lieu à une résistance de $26^k,57$, dirigée dans le sens du chemin parcouru par la tonne. Cette résistance doit être doublée, parce que le poids du câble de la tonne descendante qui

vient en aide à la puissance est diminué par le frottement de ce câble sur le sol. Le travail résistant développé par le frottement des deux câbles est donc de $2 \times 26,57 \times 204,45 = 10.864^{k \times m}$, pour chaque tonne élevée de la profondeur de 204,45 mesurée suivant l'inclinaison, et pour les dix tonnes élevées par chacun des deux chevaux, $108.640^{k \times m}$ qui, ajoutés au travail utile, porteraient celui-ci à $961.200^{k \times m}$.

Quant au frottement des tonnes, elles sont garnies latéralement de rouleaux ou petites roues qui tournent sur des coulisses qui s'étendent dans toute la longueur du puits. Les rouleaux ont 2 pouces et leurs axes $\frac{3}{8}$ de pouce de rayon, de sorte que le rapport des rayons est celui de 16 à 3. Les poids des deux tonnes vides et du contenu de la tonne pleine s'élèvent ensemble à 885 kilogr., et il est facile de voir que la résistance due au frottement des rouleaux sur leurs axes (abstraction faite du frottement à la circonférence des rouleaux) et rapportée à la longueur du plan incliné sur lequel cheminent les tonnes, est, à un grand degré d'approximation, exprimée par

$$\frac{11}{10} f_1 \sqrt{T^2 \cos^2 62^\circ + (885 - T \sin 62^\circ)^2}.$$

dans laquelle $f_1 = \frac{f}{\sqrt{1+f^2}}$, f étant le rapport du frottement à la pression, et T la tension d'un câble qui traînerait sur le plan incliné une tonne garnie de roulettes et pesant chargée 885 kil. S'il n'y avait point de frottement, on aurait $T = 885 \sin 62^\circ$. Nous introduirons, pour abréger, cette valeur de T qui n'est qu'approchée dans l'expression ci-dessus. Nous supposerons en outre $f_1 = \frac{1}{7}$. On a

$$\sin 62^\circ = \frac{180,52}{204,45} = 0,88. \qquad \cos 62^\circ = 0,47.$$

Delà

$$T = 885 \times 0,88 = 778,80.$$
$$T \cos 62^\circ = 366.$$
$$T \sin 62^\circ = 685,3$$
$$\frac{3}{16} f. \sqrt{\qquad\qquad} = 11,17 \text{ kilogr.}$$

11,17 × 204,45 est donc le travail résistant pour chaque tonne élevée au jour, et pour les dix tonnes élevées par un cheval, ce travail résistant s'élève à 22.837$^{k \times m}$, qu'il faut encore ajouter à 961.200. La somme est 984.037$^{k \times m}$. Ce serait là l'effet utile des chevaux attelés au manége de la mine *Reicher Bergsegen*, si le puits de cette mine était vertical, au lieu d'être incliné.

Si nous mettons de côté les résultats relatifs à des puits brisés et à ceux dans lesquels l'inclinaison sur l'horizontale n'atteint pas 70°, il ne restera plus, en négligeant toujours la ligne 10, que cinq mines qui fournissent les résultats suivans :

MINES.	Travail utile d'un cheval en 6 heures.
(1) Habacht Fundgrube.	736.844$^{k \times m}$
(3) Jung Himmlische Heer Fundgrube..	1.004.197
(4) Weisse Schwann und Volle Rose F. G.	1.316.023
(5) Segen Gottes und Herzog August F. G.	919.881
(8) Neu Glück und drei Eichen F. G. . .	1.102.463
Moyenne.	1.015.882

J'ai calculé le travail total du cheval dans le puits vertical de Segen Gottes, en tenant compte du frottement aux axes des poulies, de la raideur des câbles et des frottemens sur le pivot et au tourillon supérieur de l'arbre. Je me suis servi des dimensions rapportées dans l'*Archiv* que je n'ai

point reproduites dans le tableau A, pour ne pas le surcharger trop. J'ai trouvé, en admettant $\frac{2}{7}$ pour le rapport du frottement à la pression, que le travail résistant dû à ces forces était des $\frac{9}{100}$, soit $\frac{1}{10}$ du travail utile. Ainsi, dans un manége placé sur un puits vertical, le travail total développé par le cheval dans la journée serait les $\frac{11}{10}$ du travail utile.

Admettant ensuite que ce même rapport a lieu pour les autres puits inclinés, je calcule d'abord le travail résistant dû au frottement des câbles sur le sol, je l'ajoute au travail utile et j'augmente cette somme de $\frac{1}{10}$, pour tenir compte des frottemens et de la raideur des câbles. C'est ainsi que j'ai formé le tableau suivant :

MINES.	Travail total du cheval dans une journée de 6 heures.
(1) Habacht F. G.	929.477$^{k}\times^{m}$
(3) Jung Himmlische Heer F. G..	1.225.739
(4) Weisse Schwann und Volle Rose F.G.	1.522.330
(5) Segen Gottes und Herzog August F. G.	1.011.869
(8) Neu Glück und drei Eichen F. G. . .	1.251.169
Moyenne.	1.188.117

Il reste une assez grande inexactitude sur la quantité totale du travail ou d'action du cheval ainsi déterminée. Toutefois, nous devons dire que, selon nous, cette évaluation pèche plutôt par défaut que par excès, attendu que les axes des poulies et du tambour d'un manége ne sont graissés que de loin en loin, que les chocs des tonnes entre elles, quand elles ne sont pas guidées dans toute la longueur du puits, sont encore une cause de perte de force; qu'enfin nos calculs supposent la machine très bien établie, ce qui est loin d'avoir toujours lieu.

Nous rapporterons encore l'observation suivante faite au puits Gerhard près Eisleben (Mansfeld).

Le rayon du manége (distance du point d'attache des chevaux) à l'axe est de 12 aunes (Leipsick); le diamètre du tambour de 6 aunes. Le puits a 59 lachters de profondeur verticale. Deux chevaux extraient en 8 heures 38 tonnes contenant chacune 10 quintaux ou 516 kil.

(L'aune de Leipsick = $0^m,565$; le lachter = $1^m,98$.)

Le travail utile du cheval est ici de

$$\frac{38 \times 116,82 \times 516}{2} = 1.145.303^{k \times m}$$

nombre supérieur à la moyenne plus haut déterminée.

En ajoutant $\frac{1}{10}$, pour tenir compte des résistances passives, on trouverait la quantité d'action totale égale à $1.259.833^{k \times m}$.

Des résultats que nous rapporterons plus loin confirment encore ceux que nous venons d'exposer.

M. Navier, dans ses notes sur l'architecture hydraulique de Bélidor, évalue la quantité totale de travail développée par le cheval à $1.166.400^{k \times m}$, la durée de l'action journalière étant de 8 heures.

Les observations rapportées précédemment et les conclusions que nous en avons déduites s'accordent avec cette évaluation. Toutefois elles tendent à faire croire qu'elle est un peu trop basse, comme appliquée à la quantité totale de travail fournie par l'animal, et que la durée du travail journalier peut varier de 6 à 8 heures, sans que la quantité de travail varie sensiblement.

M. d'Aubuisson a tiré de ses observations faites sur les mines des environs de Freyberg,

long-temps avant celles du Bergmeister Böbert, une conclusion analogue. Les faits rapportés par cet habile ingénieur, dans la note insérée dans les *Ann. des mines*, t. VII, 2e série, p. 145 et suiv., sont confirmés en tout par ceux que nous venons d'exposer. Nous pensons seulement qu'en estimant au tiers du travail total fourni par le cheval, le travail absorbé par les résistances passives, dans un manége bien établi, il a été conduit à une estimation trop élevée du travail total.

M. Morin, d'après des expériences faites avec le frein dynamométrique de M. de Prony, sur les manéges de la fonderie de Strasbourg (*Mémorial de l'artillerie*, et par extrait, *Ann. des mines*, 3e série, t. III, p. 95), admet au contraire que l'évaluation de M. Navier pèche plutôt par excès que par défaut. Ainsi, en fixant toujours l'effort de traction du cheval à 45 kilogr., et sa vitesse à $0^{m},90$ par seconde, il limite à 6 heures au lieu de 8 la durée du travail journalier, c'est-à-dire qu'il diminue d'un quart le chiffre donné par M. Navier.

Il est impossible de ne pas conclure des observations nombreuses recueillies sur le travail des chevaux employés à l'extracton des minerais, qu'avec un manége simple et bien disposé, placé sur un puits vertical ou dont l'axe formerait avec la verticale un angle inférieur à 30°, le travail utile du cheval dépassera 1.000.000 kilogr. élevés à un mètre de hauteur verticale, la durée du travail pouvant varier de 6 à 8 heures. Il paraît aussi que la quantité totale de travail développée par l'animal est alors un peu supérieure à celle qu'il fournit, lorsqu'il est attelé à d'autres manéges placés dans des circonstances différentes.

On remarquera que les chevaux attelés aux ma-

néges placés sur les mines travaillent d'une manière intermittente. Un temps de repos pendant lequel on vide la tonne arrivée au jour, pour en accrocher une vide à sa place, succède à l'extraction de cette tonne. La durée du travail effectif est ainsi réduite d'un tiers et quelquefois de moitié, sans qu'il y ait diminution de l'effet utile. D'ailleurs, pendant l'élévation de la tonne, l'effort de traction varie dans des limites très étendues, par l'effet du poids des câbles. Cet effort, qui est d'abord très considérable, quand la tonne commence à monter, diminue graduellement jusqu'à ce qu'elle arrive au jour. Ces intermittences de travail et cette diminution progressive de l'effort de traction paraissent donc favorables au développement de la force du cheval. Il en est de même, d'après Coulomb, pour les hommes employés à porter de grands fardeaux. « La manière de cou-
» per en de petits intervalles d'action et de repos
» le travail des hommes qui portent de grands
» fardeaux, est celle qui convient le mieux à l'éco-
» nomie animale.» (Coulomb, *Expériences sur la force des hommes.*)

Quoi qu'il en soit au reste du travail total, il faut se garder, dans l'établissement d'un manége de mines (et ceci est important dans la pratique), de prendre l'effort moyen de traction du cheval comme devant être de 45 à 50 kilogr. seulement, comme quand l'action doit être continue. On serait conduit ainsi à augmenter outre mesure le rayon du manége, ou à diminuer la capacité des tonnes. Cet effort doit être regardé comme intermédiaire entre 60 et 70 kil., abstraction faite des résistances passives, et en ne tenant compte que de la masse extraite dans chaque tonne.

Ainsi nous voyons qu'à Carmaux (note de M. d'Aubuisson), dans un manége à deux chevaux, la tonne contient 500 kil. de houille. En admettant que le rayon mécanique du manége soit quadruple de celui du tambour, cela donne $\frac{500}{8} = 62^k,5$ pour l'effort moyen de traction, calculé sans avoir égard aux résistances passives.

Dans le manége du puits Gerhard, près Eisleben, la tonne contient 516 kilogr. Le rayon du manége étant quadruple de celui du tambour, l'effort moyen est de $\frac{516}{8} = 64^k,5$.

Dans la mine Weisse Schwann und Volle Rose Fundgrube (ligne 4 du tableau A), qui donne pour les chevaux le travail utile le plus considérable, l'effort de traction moyen, calculé d'après le poids du contenu de la tonne, est de 66 kilogr.

---

§II. Travail des hommes a la manivelle; comparaison avec celui du cheval.

Nous continuons à citer les résultats contenus dans le mémoire de M. Böbert.

Extraction par des puits souterrains dans l'intérieur des mines.

Mine Kurprinz Friedric August, dans l'Erzgebirge.

Trois hommes montent par jour, d'une profondeur de 20 lachter $= 39^m,60$, 120 cuveaux d'une capacité de $0^{m.c.},03269$ et dont le contenu pèse un quintal poids de Cologne $= 51^k,60$. Ces hommes remplissent le cuveau au bas du puits et le vident

en haut, de sorte qu'il n'y a que deux hommes au tour.

Le travail utile d'un homme est donc de

$$\frac{120 \times 51{,}6 \times 39{,}60}{2} = 122.602^{k\times m}.$$

Puits *Glücklicher Verein*, dans le district de Lobejün, comté de Mansfeld.

50 tonnes de houille sont élevées dans une journée d'une profondeur de 14 lachter = 27m,72, par deux hommes. Un troisième est chargé du versement des tonnes arrivées au jour. Celles-ci sont accrochées au bas du puits par les rouleurs. La tonne de houille a une capacité de 7,11 pieds cubes du Rhin et pèse moyennement 214 ½ kil.

Le travail utile d'un homme est donc de

$$\frac{50 \times 214\frac{1}{2} \times 27{,}72}{2} = 148.533^{k\times m}.$$

Schaafbreiter, ou district n° 8, près Eisleben.

Avec un tour à quatre hommes dont l'arbre a environ 0m,32 de diamètre, et dont les manivelles divisent la circonférence en quatre quarts, quatre hommes élèvent en six heures environ 100 cuveaux de 40 lachter de profondeur. Le cuveau a une capacité de 2.200 pouces cubes (mesure de Leipsick). Le poids de son contenu peut être d'environ 45k,40, le cuveau de 2.500 pouces cubes contenant un quintal ou 51k,60.

Le travail utile d'un homme est donc de

$$\frac{100 \times 45{,}40 \times 79{,}2}{4} = 89.892^{k\times m}.$$

Zabenstädter Stollen.

Trois hommes extraient d'un puits de 55 lachter = $108^m,90$, dans une journée de 8 heures, 90 cuveaux. Le poids du contenu d'un cuveau est de $46^k,19$.

Le travail utile d'un homme est en conséquence de

$$\frac{90 \times 108,90 \times 46,19}{3} = 150.903^{k} \times {}^{m}$$

Il y a un remplisseur au bas du puits, ce qui fait quatre hommes employés.

Caroline, 28e puits.

Trois hommes extraient de 37 lachter 120 cuveaux de la même capacité que les précédens, mais dont le poids est seulement de 38 kilogr.

Le travail utile est ici de

$$\frac{120 \times 38 \times 73,26}{3} = 111.355^{k} \times {}^{m}.$$

Mais ces mêmes hommes doivent encore lever et replacer chaque jour un plancher mobile établi dans le puits au niveau de l'extraction dont ils sont chargés.

Voici les résultats comparatifs de l'extraction par des hommes et des chevaux, pris dans le district d'Eisleben (Mansfeld).

Schaafbreiter Tiefbau, puits V.

Profondeur, 53 lachter = $104^m,94$.

On a extrait dans une journée

Avec un manége à 2 chevaux. . . . 380 cuveaux.
Avec un tour à 4 hommes. 130

En admettant que le contenu du cuveau, pris pour unité, pèse 51^{k},60, on a pour

Le travail utile du cheval. . . . . 1.028.832^{k}×^{m}
Id. de l'homme. . . . 175.984

Puits Gerhard, même localité.

Profondeur, 59 lachter = 116^{m},82.

On a extrait

Avec un manége à 2 chevaux. . . . . 380 cuveaux.
Avec un tour à 4 hommes.. 120

D'où travail utile du cheval. . . . . 1.145.303^{k}×^{m}
Id. de l'homme. . . . 180.837

District de Holzberg.

Puits profond de 72 lachter = 142^{m},56.

Avec le manége à 2 chevaux. . . . . 340 cuveaux.
Avec le tour à 4 hommes. 100

D'où travail utile du cheval. . . . . 1.249.536^{k}×^{m}
Id, de l'homme. 183.755

District d'Ahlsdorf, puits E.

Profondeur, 60 lachter = 118^{m},80.

On a extrait

Avec le manége à 2 chevaux. . . . . 360 cuveaux.
Avec le tour à 4 hommes. 120

D'où travail utile du cheval. . . . . 1.103.414^{k}×^{m}
Id. de l'homme. . . . 183.902

Les tonnes employées pour l'extraction avec des chevaux contiennent chacune 10 cuveaux.

La contenance de celles dont on se sert avec le tour à quatre hommes n'est point indiquée. Elle est vraisemblablement de 2 cuveaux, pesant ensemble 103^{k},20.

Les résultats cités ci-dessus donnent tous pour le travail utile du cheval une quantité supérieure à 1.000.000$^{k\times m}$. Il paraît en outre que le travail utile de l'homme employé à l'extraction des minerais est à peu près le sixième du travail utile du cheval. Ceci s'applique à des puits d'une profondeur de 100 mètres environ.

M. Navier, dans ses notes sur l'architecture hydraulique de Bélidor, évalue la quantité d'action journalière de l'homme agissant sur une manivelle à 172.800 kilogr.; les résultats rapportés ci-dessus confirment cette évaluation; car ils donnent pour la moyenne du travail utile de l'homme, dans une journée 149.750 kil. élevés à un mètre. Le travail absorbé par les résistances passives serait de 22.000$^{k\times m}$, $\frac{1}{8}$ environ du travail total développé par l'homme.

§ III. Résultats comparatifs de divers modes de transport souterrain dans les mines.

1° *A la brouette et au chien de mine.*

L'unité de mesure adoptée dans les mines de la Saxe est le cuveau (kübel). Sa capacité est de 2.500 pouces cubes de Leipsick qui équivalent à 0$^{m.c.}$,03269. Les chiens de mine ont habituellement la capacité suivante:

Le grand chien.	6 cuveaux	=	0,19614 m.c
Le moyen.	4	=	0,13076
Le petit.	3	=	0,09807

Rempli de minerais ordinaires, le poids du cuveau est d'environ un quintal de 110 livres,

poids de Cologne, équivalent à $51^k,60$. Ce poids s'élève à 1 quintal $\frac{1}{3}$ et jusqu'à un quintal $\frac{3}{4}$, pour des minerais de grosse galène.

Voici les dimensions du chien hongrois employé dans la mine Junge hohe Birke. La mesure est le pouce de Leipsick égal à $0^m,02356$.

Longueur de la caisse		39 pouces.
Profondeur		17
Largeur devant	en haut	10 $\frac{3}{4}$
	en bas	12 $\frac{3}{4}$
Largeur derrière	en haut	11 $\frac{3}{4}$
	en bas	13 $\frac{3}{4}$
Diamètre des grandes roues		8
— des petites		5

Capacité du chien, 8.102 pouces cubes ou 3 cuveaux $\frac{1}{4}$ équivalant à $0^{m.c.},10624$. Trois chiens semblables remplissent une tonne de dix cuveaux.

La brouette dont on se sert dans les mines porte habituellement deux cuveaux de minerai, ou $0^{m.c.},065$.

Dans cette mine un homme doit transporter, dans sa journée, à la brouette 120 cuveaux à 40 lachter de distance. Il en résulte que le nombre des voyages est de 60.

		Espace total.
L'espace parcouru chargé. $60 \times 79^m,2 = 4752$		9504 m.
— à vide.	4752	

Le volume transporté est de. . . . $3^{m.c.}.9228$ à $79^m,20$.
Le poids de. . . . . 6.192 kilogrammes.
Le produit du poids par la distance = 490.406.

Mine de Himmelfürst. — Transport au chien hongrois.

Deux hommes, dans une journée de 8 heures, transportaient à 400 ou 500 lachter de distance 30

cuveaux de minerai. Chacun d'eux faisait en conséquence 5 voyages à une distance moyenne de 450 lachter = 891 mètres.

			Espace total.
Espace parcouru chargé. .	5 × 891 =	4455	8910 m.
— à vide. .	—	4456	

Volume transporté à 891 mètres. 0m.c.,9807
Poids *id*. . . . . 1.548 kil.
Produit du poids transporté par la distance = 1.379.268

Mine de l'électeur Frédéric-Auguste. — Transport au chien hongrois.

Un homme, dans la journée, roule 120 cuveaux à une distance de 90 lachter.

			Espace total.
Espace parcouru chargé.	40 × 178,2 =	7128	14256 m.
— à vide.	—	7128	

Poids transporté à 178m,20. . . . . 6.192 kilogr.
Produit du poids par la distance = 1.103.414.

Ce dernier résultat paraît exceptionnel. Il tient peut-être à ce que le chien contient plus de trois cuveaux, et à ce que la pente de la voie de roulage est un peu forte.

La règle communément admise, d'après l'expérience, dans les mines des environs de Freyberg, est qu'un rouleur doit transporter, dans une journée de 8 heures, au chien hongrois, 120 cuveaux à une distance de 60 lachter.

D'après cette donnée, l'espace parcouru serait, en admettant que le chien porte trois cuveaux :

$$2 \times 40 \times 118^{m},80 = 9.504 \text{ mètres.}$$

Le poids transporté étant toujours de 6.192 kil., le produit du poids par la distance serait de

$$6192 \times 118,8 = 735.609.$$

Roulage de la houille dans la galerie aboutissant au puits dit : Glücklicher Verein, district de Löbejün (Mansfeld).

Le transport s'exécute dans de grands chiens allemands, dont la caisse contient une tonne de houille équivalant à $0^{m.c.},218$, et dont le poids moyen est de $214\frac{1}{2}$ kilogr.

Trois hommes roulent 50 chiens semblables dans une journée, à une distance moyenne de 65 lachter.

Esp. parcouru par chacun d'eux $\frac{2 \times 128,70 \times 50}{3} = 4290$ m.

Poids transporté par un homme $\frac{214\frac{1}{2} \times 50}{3} = 3572$ kil.

Produit du poids par la distance $= 459.716$.

Zabenstädter Stollen.

Les chiens anciennement employés dans cette galerie avaient dans œuvre $4^{pi.}$ $8^{po.}$ de long, 18 pouces de large et 6 pouces de profondeur. Ils étaient portés sur des roues de 7 pouces de diamètre. Le contenu du chien, qui serait d'après cela de 6.048 pouces cubes, est porté jusqu'à 8.640 pouces cubes, en le remplissant comble, et en ajoutant des hausses. 8.640 pouces cubes équivalant à 3,456 cuveaux, de 2,500 pouces cubes l'un.

Moyennement un homme, dans sa journée, roulait 12 chiens à une distance de 100 à 110 lachter, soit 105. La journée était de 8 heures. La durée du remplissage d'un chien était de 6 minutes : il fallait également 6 minutes pour le vider; en tout 12 minutes pour chaque chien, et pour les 12 menés dans la journée, 2 heures 24 minutes. Cela réduisait le temps employé au transport souterrain à 5 heures 36 minutes. Le

contenu du chien pesait ici 187k,6, à raison de 80 livres ou 37k,52 le pied cube (mesure de Leipsick).

Espace parcouru. . . . . . 2 × 207,90 × 12 = 4.989,6
Poids transporté. . . . . . 2.251k,20.
Prod. du poids par la dist. 2.251,20 × 207,90 = 468.024,48

Galerie Caroline.

Distance à parcourir, 120 lachter = 237m,60.

Les chiens contiennent quatre cuveaux pesant ensemble 150 kilogr. 10 chiens semblables sont roulés dans un jour à la distance ci-dessus.

Distance totale parcourue par le rouleur = 4.752 mètres.
Poids transporté . . . . 1.500 kilogr.
Produit du poids par la distance = 356.400.

Même localité.

Distance à parcourir, 30 lachter = 59m,40.

Même capacité des chiens et même poids contenu que précédemment. Un rouleur conduit 14 chiens dans sa journée à la distance ci-dessus.

Dist. tot. parcour. par le rouleur 2 × 14 × 59,4 = 1663m,20
Poids transporté. . . . . 1500 kil.
Produit du poids par la distance 2100 × 59,4 = 124.740.

Les produits du poids par la distance varient, comme on le voit, entre des limites fort étendues dans les divers exemples cités ci-dessus. Cela tient, d'une part, aux différentes dimensions des chiens, aux pentes inégales des voies de roulage, et surtout à ce que les rouleurs sont chargés de remplir eux-mêmes les chiens, et qu'ainsi le chargement et le déchargement consument une partie du temps et de la force des rouleurs, d'autant plus considérable que les distances sont plus rapprochées.

Sur les chemins de fer établis dans les voies principales du roulage, nous devons trouver des résultats plus uniformes, parce que les dimensions des chariots et les pentes varieront moins. Mais il restera toujours l'influence du temps et de la force employés au chargement et déchargement des waggons. Voici quelques résultats que l'on pourra comparer à ceux obtenus avec les chiens ordinaires.

Zabenstadter Stollen (comté de Mansfeld).

Le roulage a lieu sur un chemin de fer à une distance de 350 lachter. La capacité du waggon est de 16 pieds cubes (Leipsick) ou $0^{m.c.},35685$. Le poids des déblais de roche dont il est rempli (cette roche est du grès rouge) est de 600 kilogr. Le poids du waggon vide est de $387^{k},93$. On charge sur le waggon avec les déblais les outils qui ont besoin d'être aiguisés ou rafraîchis, dont le poids moyen est d'environ 38 kil.; ce qui fait en tout un poids de $1.026^{k},25$ à rouler sur le chemin de fer. Le waggon est à quatre essieux, de sorte que chaque roue montée sur un essieu séparé et fixée à cet essieu, peut tourner plus ou moins vite que la roue opposée.

Le rouleur emploie

Pour ramener le waggon vide sur la distance de 530 lachter ou $1.049^{m},40$.	12 min.
Pour le remplissage.	18 à 24
Pour rouler le waggon plein.	17
Pour vider le waggon.	7 à 8
Total.	54 à 61 min.

On compte 1 heure 10 minutes pour un voyage complet, y compris le temps nécessaire pour

graisser les essieux, charger les outils, etc., et 6 voyages complets dans la journée de 8 heures, réduite à 7 heures de travail effectif.

De là on conclut :

Poids transporté à $1.049^m,40$.	3.600 kilogr.
Produit du poids par la distance	3.777.840
Distance totale parcourue.	$12.592^m,80$

Exploitation de schiste cuivreux (même localité).

La distance à parcourir n'est que de 447 lachter ou $885^m,06$. On emploie les mêmes waggons; mais le contenu d'un waggon ne pèse que 487 ,7, au lieu de 600. On paie par waggon de schiste cuivreux transporté à l'extrémité de la galerie, le même prix que pour le waggon de déblais, quoique la distance et le poids soient moins considérables, parce que les rouleurs chargent alternativement du schiste cuivreux et de la roche provenant du creusement de la galerie principale.

Schlüsselstollen.

La distance à parcourir est de 190 lachter = $376^m,20$. Les waggons ont une capacité de 17 pieds cubes ou $0^{m.c.},37915$. Le poids du contenu est de $625^k,77$. Le nombre de waggons conduits par jour, en déduisant ce nombre du prix auquel le waggon est payé au rouleur, doit être de $15\frac{3}{4}$. Ainsi,

La distance parcourue par un rouleur est de $2 \times 15\frac{3}{4} \times$ $\times$ 376,20 = 11.850 mètres.

Le poids transporté est de 9.856.

Le produit du poids par la distance est de 3.727.827,

un peu moindre seulement que le produit analogue obtenu pour le Zabenstädter Stollen.

Cela tient vraisemblablement en partie à la plus

grande capacité du waggon, ou à la facilité du chargement ainsi qu'à une modification dans la pente de la voie.

Il ne sera pas inutile d'ajouter ici que, dans le creusement des galeries, dans la roche stérile, comme dans l'exploitation du schiste cuivreux, le cube du déblai obtenu est sensiblement égal au double du cube du massif excavé, de sorte que le foisonnement est dans le rapport de 1 à 1. Le foisonnement paraît en outre d'autant plus grand que les déblais sont enlevés dans un vase de plus petite dimension. Ainsi le lachter courant de la galerie Zabenstädter Stollen cube pour 84 pouces (Leipsick) de long, sur 87 pouces de hauteur et 63 de large, 266 pieds cubes. En admettant un foisonnement de 1 pour 1, le cube de déblais serait de 532 pieds cubes, et ce déblai devrait fournir 33 $\frac{1}{4}$ waggons pleins, chacun de ceux-ci ayant une capacité de 16 pieds cubes : le nombre de waggons réellement remplis par lachter courant est cependant de 36. Les déblais contenus dans le waggon devraient remplir 11 $\frac{148}{2500}$ cuveaux de 2500 pouces cubes. Mais ces déblais en remplissent au moins 12, de sorte que le lachter courant fournit 432 cuveaux de déblais.

Ainsi le volume du massif étant. . . .	1
Le déblai mis en tas a un volume de. .	2
Le déblai dans les waggons a un vol. de.	2,165
— dans les cuveaux.	2,349

Les données suivantes résultant de mes propres observations sont plus uniformes et plus précises.

Dans la plupart des mines de houille de la Loire, la houille est transportée à dos, sur une petite distance, depuis le chantier jusqu'aux chariots qui circulent dans la voie principale de rou-

lage. Ce transport a lieu dans des sacs que les porteurs à dos vident dans les chariots, de sorte que les rouleurs n'ont point à charger leur chariot; les piqueurs qui abattent la houille ne se dérangent jamais de leur travail. Les sacs des porteurs à dos sont remplis par des ouvriers particuliers, *chargeurs*, qui les aident aussi à mettre le sac sur leurs épaules. Dans les mines exploitées à ciel ouvert ou par galeries inclinées à de petites distances du jour, les porteurs à dos transportent la houille jusqu'au jour. Il y a aujourd'hui peu de mines où cela soit encore praticable; il y en avait beaucoup autrefois. Voici le travail obtenu des porteurs, chargeurs et rouleurs, dans quelques mines, d'après mes observations.

Portage à dos.

Dans la mine du Breuil, exploitée à ciel ouvert près de Firminy, chaque porteur faisait moyennement 40 voyages par jour, sous un fardeau de 60 kilogr. qu'il élevait à 24^{m},27 de hauteur verticale sur une rampe assez raide. Cet ouvrier gagnait 2 fr. par jour, et n'avait aucune dépense d'huile.

Dans la mine de Roche-la-Molière (la couche a 5 pieds d'épaisseur moyenne et une inclinaison de 18 à 20°), 5 porteurs transportent dans une journée 430 hectolitr. ras de houille pesant 34.400 kilogrammes, des tailles aux chariots. La distance moyenne à parcourir est de 36 mètres, dont 14 horizontalement et 22 sur une rampe à 20°. Chaque porteur fait par jour 135 voyages. Il résulte de là qu'il se charge de 51 kil. à la fois, et qu'il élève par jour 6.880 kil. à une hauteur verticale

26 et 27 millimètres de diamètre. On graisse avec de l'huile d'olive. Le chariot pèse avec toutes ses ferrures 120 kilogr.

Sur les chemins et avec les chariots que nous venons de décrire,

1° Quatre hommes ont transporté à 190 mètres de distance 171 chariots pleins.

2° Six hommes $\frac{1}{2}$ ont transporté à 580 mètres de distance 86 chariots pleins.

(Ce ne sont pas des observations d'un jour, mais bien la tâche imposée aux rouleurs et dont ils s'acquittaient journellement.)

D'après ce qui précède chaque rouleur a parcouru :

Dans le 1er cas, $\frac{2 \times 190 \times 171}{4} = 16.245$ m. dans sa journ.

Dans le 2e cas, $\frac{2 \times 86 \times 580}{6\frac{1}{2}} = 15.346$

Distance parcourue moyenne 15.845 m.

Chaque rouleur a transporté

Dans le 1er cas, 3.249.000 kilogr. à un mètre.
Dans le 2e cas, 3.070.000

Travail moyen. 3.159.000 kil. à un m.

Voici au reste quels étaient les frais de transport souterrain de la houille à Roche-la-Molière à l'époque où le roulage avait lieu sur une distance moyenne de 580 mètres,

Portage à dos des tailles aux chariots à une distance moyenne de 36 mètres, dont 22 suivant une pente de 20° et 14 horizontalement.	0f,15
Sacs en toile fournis aux porteurs.	0 ,01,25
Roulage à 580 mètres de distance.	0 ,20,83
Oiivage des chariots.	0 ,01,43
Entretien des chariots et du chemin..	0 ,04
Total par tonne de 5 hect. pesant 400 kil.	0f,42,51
Et par hectolitre ras pesant 80 kil.	0 ,08,50

Le salaire de l'ouvrier est de 2f,50 à 2f,75 par jour.

Aujourd'hui l'on établit, dans les galeries de mines, des chemins de fer de préférence aux chemins de bois; on a ainsi l'avantage de pouvoir diminuer la pente de la voie principale, tout en donnant aux waggons ou chariots une grande capacité; ce qui est la cause prédominante d'économie dans les frais de transport. Quand les galeries ont des dimensions suffisantes, le traînage est exécuté par des chevaux. Les chemins en fonte à ornières creuses sont encore très usités dans les galeries souterraines. Comme les waggons qui circulent sur ces chemins sont garnis de roues mobiles sur les fusées des essieux, il en résulte que l'on peut faire parcourir aux waggons, sans aucune disposition particulière, des courbes d'un rayon très court, ce qui est souvent nécessaire. Des chemins de ce genre, *trammroads*, existent dans presque toutes les mines de houille des comtés de Glamorgan et Monmouth; ils se lient d'ailleurs aux grandes voies du même genre, qui joignent les principaux établissemens de mines et d'usines aux ports situés sur la côte du canal de Bristol.

Dans la mine de houille de Crumlyn (Monmouth-Shire) la voie du trammroad est de 3 pieds

4 pouces (mesure anglaise). Les roues des waggons, de 2 pieds de diamètre, ont une forme lenticulaire, et sont beaucoup plus étroites à la jante que vers le milieu. Le poids du waggon vide est de 8 quintaux de 112 livres, ou 400 kilogr.; il porte une tonne de houille du poids de 1.015 kilo.

Les bandes de fonte à rebord, qui constituent les ornières, ont un yard de long et pèsent 42 liv.; la pente du chemin est de 9 pouces par chaîne de 22 yards, ou $\frac{1}{88}$.

Un cheval conduit par un enfant traîne dans la journée 40 tonnes de houille à une distance de 1.320 yards dans la galerie souterraine; il traîne trois waggons à la fois.

Au jour, le chemin se continue sur une distance d'un mille anglais, 1.760 yards, avec la même pente et les mêmes dimensions. Un autre cheval conduit par un enfant traîne encore les 40 tonnes de houille à cette distance de 1.760 yards; ici il traîne quatre waggons à la fois, et ne fait que 10 voyages par jour.

La distance parcourue souterrainement par le cheval dans sa journée, pour 13 voyages, aller et retour à une distance de 1.320 yards=1.206m,48, est de 31.408 mètres. Le conducteur ne parcourt à pied que la moitié de cette distance.

Le produit du poids transporté par la distance parcourue est de 48.983.088.

Au jour, le cheval parcourt dans sa journée 32.173 mètres, et le produit du poids transporté par la distance est de 65.310.784.

Le trammroad de la mine de Crumlyn se lie par un plan incliné automoteur, au chemin de

fer général qui va à Newport, parallèlement au canal de Monmouth. Sur ce chemin circulent des waggons qui portent 3 tonnes de houille. Le waggon vide pèse 16 quintaux de 112 livres, 800 kilogr. La pente du chemin est de 6 pouces par chaîne de 22 yards, $\frac{1}{132}$. 2 chevaux traînent à la descente 7 waggons pleins, et remontent les waggons vides.

Dans la mine de houille de Landor, près Swansea, il y a également un chemin à ornières creuses ou trammroad. Chaque bande de fonte a 4 pieds de long et pèse 56 livres. Ces rails sont posés sur des traverses en fonte ou en bois; celles en fonte pèsent 28 liv. La voie est de 2 pi. 4 po.; les roues sont des disques presque pleins de forme lenticulaire; l'épaisseur au milieu est de 1 $\frac{1}{2}$ po., abstraction faite du moyeu; l'épaisseur à la jante de $\frac{3}{4}$ pouce. La distance des essieux est de 19 $\frac{1}{2}$ pouces de milieu en milieu. Chaque waggon porte 1 $\frac{1}{4}$ tonne de houille, 1.269 kilogr. Un cheval en traîne deux à la fois. La distance moyenne au puits d'extraction est de 1.500 yards = 1.371 m.

L'entrepreneur des transports souterrains reçoit 3 shillings 2 d. pour 10 tonnes de houille conduites à cette distance. Cela revient à $0^f,399$ par tonne de houille, pesant 1.015 kilogr., à peu près $0^f,031$ par hectolitre raz du poids de 80 kilogr., ou $0^f,0399$ par hectolitre comble du poids de 100 kilogr.

Dans la houillère de Mold-Town, près Mold (Flintshire), un chemin en bandes saillantes de fer forgé est établi dans la voie principale de roulage. Les bandes de fer ou *rails* ont $\frac{3}{4}$ po. de large, 2 $\frac{1}{2}$ pouces de hauteur. Elles sont placées

de champ et reposent sur des supports ou *chairs* en fonte, espacés entr'eux d'un yard (0m,941). Les roues des waggons sont des poulies qui s'appuient par leur gorge sur les rails.

L'exploitation a lieu sur une couche inclinée, au-dessus de la galerie de niveau où est établie la voie de roulage. La couche étant peu puissante, on a dû entailler le sol pour donner une hauteur suffisante à cette galerie. L'on exploite par grandes tailles, dont le front est parallèle à la direction de la couche et de la galerie de roulage. La distance moyenne du front des tailles à la voie est de 90 yards. L'inclinaison des galeries ménagées au milieu des éboulemens et des remblais qui conduisent à cette voie, est de $\frac{1}{7}$ environ. La distance moyenne du puits au point où débouchent ces galeries inclinées, dans la grande voie, est de 200 yards. La houille est chargée près des tailles dans des cuveaux garnis de patins, qui sont traînés par des ânes dans les galeries inclinées, jusques à la voie principale. Là, les cuveaux sont posés sur le tablier des waggons qui n'ont point de caisse, amenés au bas du puits par des enfans de 12 à 15 ans, et accrochés au câble de la machine d'extraction. Le waggon n'est chargé que de 4 à 5 quintaux de houille de 112 livres, soit 200 à 250 kilogr. Le transport, exécuté de cette manière depuis les tailles jusqu'au puits d'extraction, est payé à raison de 2 shillings à 2 shillings 6 d. par tonne charbonnière, pesant 48 quintaux, ou 2.500 kilogr. environ, c'est-à-dire 0f,114 par 100 kil.

On voit combien le roulage souterrain devient plus coûteux quand il faut changer de voie, que la capacité des chariots diminue, et que les di-

mensions des galeries ne permettent plus l'emploi des chevaux.

Je terminerai par un dernier exemple extrait du mémoire de M. Böbert, et relatif à un chemin à ornières saillantes en fonte établi au Hartz.

La longueur totale de ce chemin, depuis le *Haus Sachsener Schacht*, foncé sur la galerie *Adolphe* jusqu'aux premier et second bocards près Wildemann, est de 745 lachter, dont 100 au jour et le reste dans la galerie souterraine. Les rails en fonte sont des barres carrées de 1 $\frac{3}{4}$ à 1 $\frac{1}{2}$ pouce de côté, qui ont 3, 4 et 6 pieds de long. Leur poids est de 40 liv. sur 4 pieds et de 55 sur 6 pieds. Il y a plusieurs courbes. La pente constante du chemin est de 1 degré souterrainement, et de $\frac{3}{4}$ degré au jour, ou bien $\frac{17}{100}$ souterrainement et $\frac{13}{1000}$ au jour. La voie est de 42 pouces. Les rails en fonte sont cloués de chaque côté sur des lignes de solives carrées en pin de 7 à 8 pouces de côté, fixées elles-mêmes sur des traverses en chêne.

Les chariots qui circulent sur ce chemin reçoivent 4 tonnes, chacune de 4 cuveaux, ce qui fait de 26 à 28 pieds cubes. Le poids peut être d'environ 900 à 1.000 kilogr. (Le cuveau du Hartz est de 3.000 pouces cubes environ, tandis que celui de Freyberg est de 2.500 pouc. cubes de Leipsig seulement). Ce chariot est conduit par deux hommes. Le chariot chargé descend par l'effet de son propre poids, et la vitesse doit être modérée avec un frein. Les deux hommes remontent le waggon vide avec un effort modéré.

On payait par Treiben de 40 tonnes conduites à 610 lachter, le prix suivant :

Conduite de 40 tonnes.	7 gros 8 pf.
Chargement dans le chariot.	5 4
Total.	13 gros.

Ce salaire est fixé d'après l'observation que l'on emploie au plus,

Pour conduire le chariot plein.	8 minutes.
Pour le vider.	$1\frac{1}{2}$
Pour remonter le chariot vide.	15
Total pour un chariot, non compris le temps du chargement.	$24\frac{1}{2}$ minutes.

A ce taux deux hommes, en 6 heures de travail effectif sur une journée de 8 heures, pourraient conduire par jour 14 chariots à une distance de 610 lachter ou environ 1.200 mètres.

Le chemin parcouru par ces deux hommes serait de 33.600 mètres, pour aller et venir; mais il est vraisemblable qu'ils se placent sur le chariot plein quand celui-ci descend, et qu'ils ne marchent qu'en remontant le chariot qu'ils poussent devant eux. C'est donc seulement 16.800 mètres qu'ils ont à parcourir dans la journée. Le produit du poids transporté par la distance est de 16.800.000 au plus pour les deux hommes, et pour chacun d'eux 8.400.000.

Il paraît d'après cela que la distance totale qu'un homme peut parcourir dans sa journée, en exerçant un effort modéré sur un chariot qu'il pousse devant lui, peut être fixée à 16.000 mètres.

Avec des chariots bien construits, et sur un chemin de bois dont la pente est de 3 à 4 cen-

timètres par mètre, le rouleur peut pousser en descendant un chariot contenant 400 à 500 kilogr. de minerai, et remonter le chariot vide. (Mine de Roche-la-Molière.) Sur un chemin de fer à ornières creuses ou saillantes, avec une pente d'un centimètre à 12 millimètres par mètre, le rouleur peut pousser en descendant un chariot chargé de 800 à 1.000 kilogr. et remonter le chariot vide; ou bien la pente de la voie étant de 17 millimètres par mètre, le chariot chargé de 800 à 1.000 kilogr. descendra par l'effet de la gravité, et il faudra deux hommes pour remonter le chariot vide. (Chemin du Hartz.) Sur un chemin semblable, avec une pente de 10 à 12 millimètres par mètre, un cheval traînera 3 chariots portant chacun 1.000 kilogr. à la descente, et remontera les chariots vides. Il pourra parcourir ainsi 32.000 mètres par jour. (Mine de Crumlyn.) Ces règles se rapportent d'ailleurs à des chariots dont les roues n'ont pas un diamètre trop petit, et à des voies bien établies. Elles supposent que le rouleur ne charge pas lui-même son chariot, qu'il perd peu de temps pour attendre qu'il soit chargé, et que le déchargement s'exécute avec beaucoup de facilité et de promptitude.

On sait qu'un homme, exécutant des transports à la brouette et qui ne perd pas de temps au chargement peut transporter dans un jour 15 mètres cubes de terre, à une distance de 30 mètres. Il faut 30 voyages pour transporter un mètre cube. Le rouleur parcourt donc dans la journée deux fois $30 \times 30 \times 15 = 27.000$ mètres, dont moitié à charge et moitié en ramenant la brouette vide. En admettant que la brouette est chargée de 70 kilogr., le travail journalier d'un homme, exécutant des

ransports à la brouette, sera de $70 \times 450 \times 30 =$ 945.000 kilogr. à un mètre de distance horizontale. Ce travail paraît susceptible d'être augmenté d'une manière notable en chargeant davantage la brouette. C'est ce que l'on fait dans les mines où la brouette porte ordinairement 100 kilogr.

Le chien hongrois, circulant sur un chemin de bois, est ordinairement chargé de 150 kilogr. environ. On ne se trompe pas beaucoup, je pense, en admettant que le rouleur marche avec la même vitesse en poussant le chien, que l'homme se servant d'une brouette. Il faut cependant pour cela qu'il soit favorisé par la pente du chemin vers le puits d'extraction, ou l'extrémité de la voie de roulage. Ainsi, si le rouleur ne charge pas lui-même son chien, et s'il ne perd pas de temps en chargeant, son travail journalier sera, au travail de l'homme à la brouette, dans le rapport des poids respectifs dont le chien et la brouette sont chargés, c'est-à-dire, dans le rapport de 150 à 70, ou au moins de 2 à 1. On pourra donc admettre que le travail d'un rouleur sera journellement de 1.890.000 kilogr. transportés à 1 mètre.

Nous avons vu qu'à Roche-la-Molière, avec un chariot ou chien portant 400 kilogr. et roulant sur un chemin de bois dont la pente était de $3\frac{1}{2}$ centimètres par mètre, le travail était d'environ 3.000.000 kilogr. à 1 mètre. Ce travail serait augmenté si la hauteur des galeries permettait de donner aux roues un diamètre plus grand que celui qu'elles ont à Roche-la-Molière. On pourrait alors facilement, et même en diminuant la pente de la voie, porter la capacité du chariot à $6\frac{1}{2}$ hectolitres, ou 7 au lieu de 5, et le poids de la

houille transportée à 500 kilogr. au lieu de 400 kilogr., on augmenterait dans le rapport des charges le travail utile du rouleur.

Sur une voie de fer, le waggon portant 1.000 kilogr., le produit du travail journalier d'un rouleur sera de 6.000.000 kilogr. à 1 mètre.

Enfin, si l'on emploie des chevaux, chaque cheval traînera 3 waggons semblables, et son travail utile sera de 48.000.000 kilogr. à 1 mètre, à 6 à 8 fois celui d'un homme, dans les mêmes circonstances.

Les exemples cités plus haut et ces réflexions engageront peut-être les exploitans de mines de houille, qui liront cette note, à améliorer les voies de roulage souterraines, si déjà ils n'ont introduit dans leurs mines un mode perfectionné de transport. De bonnes voies permettent de ne pas multiplier les puits et de conserver sans déplacement, pendant une longue suite d'années, les établissemens créés sur le point où se fait l'extraction. Nous répéterons, en terminant, que l'on doit s'attacher à augmenter la capacité des vases dans lesquels le transport est exécuté, et à faciliter le déchargement. Enfin, quand on établira une voie de fer à ornières saillantes, dans des galeries où il sera possible de faire circuler des chariots chargés de 600 à 1.000 kilogr., il conviendra de ne pas prendre pour rails de simples barres de fer posées de champ. Ces barres, quand elles sont minces, sont exposées à un fléchissement dans le sens perpendiculaire à la voie, qui fait que la roue abandonne souvent le rail, à moins qu'on ne multiplie beaucoup les supports. Il est plus convenable dans ce cas de prendre des

bandes dont le profil se rapproche de celui des grands chemins de fer construits dans ces derniers temps, ou bien des barres posées à plat et clouées sur des lignes de solives en bois.

Nous citerons encore deux exemples de transport sur des voies de fer, qui confirment l'estimation approximative du travail utile de l'homme et du cheval, donnée dans la note précédente.

Mine de houille de l'Aigle-Noir (*Schwarz-Adler*) (comté de la Marrk).

La houille est extraite par une galerie, dont l'orifice est à 550 lachter des entrepôts établis sur les bords de la Ruhr. Une voie de fer, formée par des bandes clouées sur deux lignes parallèles de solives en bois de chêne, posées sur des traverses également en bois, est établie dans cette galerie et se prolonge jusqu'au lieu de l'entrepôt. La longueur souterraine de cette voie est de 300 lachter jusqu'au point de chargement le plus éloigné du jour. On peut admettre que le roulage se fait à une distance moyenne de 750 lachter, dont 200 souterrainement. Les waggons contiennent 10 sheffels de houille, pesant ensemble 520 kil. à très peu près. Les rouleurs reçoivent 16 silbergros pour transporter 100 sheffels de houille jusqu'à l'entrepôt, et chacun d'eux fait à peu près sept voyages par jour.

750 lachter de Prusse équivalent à $1567^{m},50$; l'espace parcouru journellement par un rouleur est donc en totalité de 21.945 mètres.

Le produit du poids transporté par l'espace parcouru $= 5.705.700^{k \times m}$.

Le salaire journalier du rouleur est de 11 silbergros $\frac{4}{10}$ ou 1f,39. Là-dessus il doit fournir l'huile pour oindre les essieux des vaggons.

Mine de houille de Gerhard, près Saarbrück.

Cette mine est liée aux entrepôts placés sur le bord de la Sarre, par un chemin en fonte à ornières creuses (*trausmroad*), dont le développement est de 1,050 lachter. Les bandes de fonte à rebord ont 2 pieds (0m,63) de longueur, et un poids de 17 livres (7k,973). Elles sont clouées sur des solives en bois de chêne de 4 pouces d'équarrissage, reliées par des traverses aussi en bois, qui reposent par leurs extrémités sur des blocs de pierre de grès enfoncés dans le sol. Ces dés en grès ont 3 pieds (0m,94) de hauteur, sur 1 pied carré (0m,314) de base. L'intervalle entre deux dés voisins est de 40 pouces de milieu en milieu. Ce chemin est à deux voies, dont l'une sert aux waggons pleins descendans, et l'autre aux waggons vides montans.

La pente vers la Sarre est d'un angle de 49 minutes ou 0m,014. Ce chemin, construit en 1826, a coûté 20.000 thalers = 74.222 fr.

Le transport de la houille des mines aux dépôts est exécuté par un entrepreneur, qui reçoit 3s gros 4pf = 0f,412 par foudre de 30 quintaux = 1.548 kil. Le déchargement de la houille sur les tas lui coûte 1 silbergros = 0f,124, de sorte qu'il n'a plus que 0f,288 pour le transport de chaque foudre à 1.050 lachter. Cet entrepreneur doit en outre fournir la main-d'œuvre nécessaire à l'entretien du chemin, au curage des fossés, et la moi-

tié de l'huile employée au graissage des waggons. Chaque cheval traîne sur la voie que nous venons de décrire, 10 waggons, dont chacun porte 10 quintaux ou 516 kil., en tout 5.160 kil. Le cheval fait quatre ou cinq voyages, de la mine à la Sarre, dans sa journée.

L'on a en conséquence :

Espace moyen parcouru journellement par un cheval = 19.750^{m},50.

Produit du poids transporté par la distance = 50.956.290$^{k} \times ^{m}$.

MÉMOIRE

Sur le traitement des minerais de fer dans les forges catalanes du département de l'Ariége.

Par M. MARROT, Ingénieur des mines.

Ce travail sur les forges catalanes de l'Ariége devait former la troisième et dernière partie d'un mémoire sur les mines de fer de Rancié, dont l'introduction a été insérée dans les *Ann. des mines* de 1828 (1). Cette exploitation ayant éprouvé depuis lors de grandes vicissitudes, les détails qui devaient la concerner seraient aujourd'hui dénués d'intérêt, ou même d'exactitude : on les a supprimés, pour ne conserver que l'exposé du traitement métallurgique des minerais dans les forges catalanes.

L'affinage immédiat des minerais dans les bas-fourneaux des Pyrénées a été décrit par plusieurs auteurs, tels que Tronson-Ducoudrais, La Peyrouse, Muthuon, etc.; mais leurs publications sur ce sujet sont déjà anciennes, et elles ne font point connaître les perfectionnemens que cette méthode a reçus depuis trente ans; d'ailleurs l'état où se trouvaient les théories chimiques, à l'époque où ils ont écrit, a dû influer sur leur manière d'envisager les phénomènes. J'ai donc pensé qu'avec plusieurs élémens nouveaux, une nou-

(1) 2e série, tome IV, page 301, et planche VIII du même tome.

velle description des procédés catalans pouvait présenter quelque intérêt.

Ce mémoire a été dans l'origine rédigé sur les lieux, et, pour ainsi dire, au milieu des forges catalanes. Néanmoins, on n'a point négligé d'y insérer les données et les observations que l'on a recueillies plus récemment sur ces usines. M. d'Aubuisson, ingénieur en chef des mines à Toulouse, a bien voulu me communiquer plusieurs renseignemens économiques, dont son nom garantit l'exactitude, et le devis complet d'une forge catalane, dressé par le meilleur constructeur du pays. M. François, ingénieur à Vicdessos, m'a envoyé le plan détaillé d'un de ces établissemens, et les résultats de plusieurs observations qui lui sont propres et qui jettent un grand jour sur la théorie chimique des opérations à la catalane.

Cette théorie, il faut en convenir, ne paraît point encore définitivement fixée. Pour l'éclaircir entièrement, on aurait besoin d'une suite d'expériences docimastiques qui n'ont point été faites, et les opinions sont encore très partagées sur ce qui se passe dans les foyers catalans. Cependant les remarques qui m'ont été communiquées, les travaux de Descotils et surtout ceux de M. Berthier, me permettront d'émettre sur ce sujet quelques conjectures plus ou moins probables; ceux qui viendront après moi et qui disposeront de matériaux plus nombreux, pourront compléter et souvent rectifier les idées que j'aurai exprimées sur ce point difficile. Je ne craindrai donc point d'aborder la question, après avoir décrit en détail les procédés suivis dans les forges catalanes, et avoir fait connaître les résultats économiques qui concernent ces établissemens.

§. I. Description des appareils et des procédés.

1. Une forge catalane se compose essentiellement d'un simple hangar environné de murs, sous lequel sont placés : 1° le fourneau ou creuset dans lequel s'opère la réduction du minerai et sa conversion en fer soudable; 2° la machine soufflante qui injecte dans le creuset l'air nécessaire pour la combustion du charbon que l'on y verse; 3° le marteau à l'aide duquel on comprime la *housse* ou le *massé*, pour en expulser les dernières portions de scories, en rapprocher les parties et le convertir en fer forgé.

Le creuset est un vide pratiqué dans un massif de maçonnerie, et qui aurait la forme d'un parallélipipède rectangle, si une ou deux de ses faces n'étaient pas inclinées à l'horizon. Le fond du creuset est placé à peu près à la hauteur du sol de l'atelier; le fourneau est muni d'une tuyère en cuivre scellée dans la muraille qui forme la face du vent; une des faces adjacentes à la précédente est percée d'une ouverture nommée trou du *chio* ou du *laiterol*, que l'on peut fermer avec de l'argile. Creuset.

Les dimensions du creuset varient d'une usine à l'autre et d'un travail à l'autre dans la même usine; celles que je vais rapporter ont été prises tout récemment dans l'une des forges les mieux construites et les mieux dirigées du département de l'Ariége, celle de Cabre, appartenant à M. Victor Vergnes; je les dois à l'obligeance de M. François.

	mèt.
Hauteur de la varme, à partir du fond du creuset	illimitée.
Hauteur du col de la tuyère (partie en contact avec la maçonnerie)	0,39
Hauteur de l'extrémité de la tuyère	0,30
Saillie horizontale de l'extrémité de la tuyère	0,20
Diamètre de l'extrémité de la tuyère	0,41
Distance horizontale du col de la tuyère à la face du *chio*	0,24
Distance horizontale de l'extrémité de la tuyère à la même face	0,27
Hauteur du contrevent	0,66
Hauteur de la rustine	illimitée.
Hauteur de la face du chio	0,53
Hauteur du chio au-dessus du fond du creuset	0,10
Largeur du creuset, au fond	0,60
Largeur du creuset à la hauteur du bord supérieur du contrevent	0,81
Longueur du creuset, au fond	0,58
Longueur du creuset à la partie supérieure	0,68

Dans le fourneau qui vient d'être décrit, le contrevent est vertical jusqu'à 0m,27 au-dessus du fond; la partie supérieure est inclinée de 22° à la verticale. La rustine est inclinée à la verticale de 10° à 12°. L'axe de la tuyère, dont le prolongement viendrait rencontrer le contrevent à 0m,12 au-dessus du fond, a une inclinaison de 31° à l'horizon; il est d'ailleurs parallèle à la face du laiterol.

Les dimensions du creuset varient nécessairement durant le travail par suite de l'usure des parois. J'ai vu un de ces fourneaux que l'on venait d'éteindre, et dans lequel la hauteur du contrevent au-dessus du fond était de 0m,90, la largeur du creuset au bord supérieur de 1m,07 et la longueur de 0m,80. L'inclinaison de la tuyère à l'horizon y était de 38°, et elle avait vers la rustine une

déclinaison de 17°. L'allure de ce fourneau avait été bonne. Néanmoins les dimensions plus détaillées que j'ai données ci-dessus paraissent généralement adoptées.

La face de la rustine est construite en maçonnerie : le plus souvent en granite lié avec de l'argile, à l'exception de l'angle avec le contre-vent, où l'on place fréquemment quelques massoques en fer forgé. La varme est formée de massoques de $0^m,10$ à $0^m,13$ d'épaisseur, posées les unes sur les autres jusqu'au col de la tuyère ; la partie supérieure est en maçonnerie. Le contre-vent se construit entièrement en fer, de même que la face du laiterol ; mais dans celle-ci les massoques sont debout, pour laisser l'ouverture du *chio*.

La maçonnerie grossière qui constitue la varme et la rustine, et que l'on monte à quelques mètres au-dessus de l'orifice du creuset, est ordinairement appuyée contre deux murailles qui s'élèvent jusqu'au toit de l'atelier : celui-ci présente une ouverture pour le passage de la flamme et de la fumée; rarement on établit une sorte de cheminée.

Le fond du creuset est formé par une pierre plate de granite, que l'on peut placer sans démolir les autres faces du foyer et dont on garnit les angles avec du sable et de l'argile réfractaire. Cette pierre est ordinairement un bloc roulé d'une forme aplatie.

Lorsqu'on redoute l'humidité, on pratique sous le creuset un canal de desséchement; sinon, la pierre du fond porte sur un massif de scories.

2. La machine soufflante usitée dans les forges catalanes est presque toujours la trompe. MM. Thibaud et Tardy et M. d'Aubuisson ayant publié, dans les *Annales des mines* de 1823 et de 1828, **Machine soufflante.**

des observations très détaillées sur cette sorte de machine, je me bornerai à dire que la trompe des Pyrénées se compose de deux arbres verticaux forés qui plongent inférieurement dans une caisse de forme variable, et qui aboutissent par le haut à un réservoir où afflue un courant d'eau. Les arbres de forme carrée ou cylindrique sont munis supérieurement d'entonnoirs évasés qui descendent dans leur intérieur, et que l'on peut fermer ou bien ouvrir plus ou moins à l'aide de tampons en bois. Ces entonnoirs forment, un peu au-dessous de l'extrémité supérieure des arbres, un étranglement ou *étranguillon*, autour duquel l'arbre est percé de plusieurs trous appelés *aspirateurs*. La colonne d'eau qui traverse incessamment l'étranglement et qui entraîne l'air fourni par les aspirateurs, vient heurter, dans la caisse inférieure, un fort madrier, appelé le *tablier*, sur lequel elle se brise, en laissant dégager l'air qui adhérait à ses filets. L'air accumulé dans la caisse suit un tuyau vertical appelé l'*homme*, puis un conduit flexible en peau de mouton, pour se rendre à la buse qui consiste en un tube de fer portant le nom de *canon de bourrec*. L'eau alimentaire, après avoir produit son effet, s'échappe de la caisse par un orifice qui n'est pas toujours placé de manière à prévenir les pertes d'air.

Je renverrai aux mémoires cités plus haut pour les dimensions et les détails de construction des trompes; j'aurai d'ailleurs occasion de revenir à ces machines en parlant de leur produit et de la force qu'elles consomment; je me borne en ce moment à remarquer que la chute totale, dans les trompes de l'Ariége, est habituellement de 6 à 7 mètres, et que cet appareil emploie moyenne-

ment, quand il est bien construit, $0^{m.c.}$,12 d'eau par seconde.

3. Le marteau qui sert à cingler les massés et à étirer le fer en barres, pèse environ 18 quintaux du pays, ou 7 quintaux métriques. Autrefois ces marteaux étaient en fer et se fabriquaient à grands frais dans l'usine même; on n'emploie plus maintenant que des marteaux en fonte. Marteau.

Ces marteaux sont toujours à bascule, et la *bogue* est placée au tiers environ de la longueur du manche à partir des cames. Une pièce de bois placée sous l'extrémité du manche fait l'office de ressort pour le relever. Les tourillons de la *bogue* reposent dans des crapaudines portées entre deux montans enfoncés en terre et réunis par des semelles et des traverses; souvent les montans sont appuyés latéralement contre des blocs de granite.

L'enclume sur laquelle frappe la panne du marteau est à fleur de terre; elle est supportée par un bloc énorme de granite, qui souvent est l'objet d'une grande dépense, quand on construit une forge et qu'un pareil bloc ne se trouve pas à portée.

Les marteaux sont mus par des roues à palettes placées dans un coursier, et sur lesquelles l'eau arrive par un tuyau carré presque vertical. L'arbre tournant porte quatre cames courbes en fer, assujetties par deux frettes, et qui pressent l'extrémité du manche armée de cercles en fer. Les tourillons de l'arbre tournant reposent dans des crapaudines portées par des blocs de bois ou de granite. Les marteaux frappent ordinairement cent coups et souvent cent vingt coups par minute, lorsqu'on donne toute l'eau à la roue.

Voici les dimensions principales de l'attirail complet d'un pareil ordon, dans la forge qui m'a déjà fourni celles du foyer :

	mèt.
Hauteur du marteau	1,06
Largeur à la tête	0,67
Largeur à la panne	0,05
Longueur à la tête	0,40
Longueur à la panne.	0,45
Longueur totale du manche.	4,95
Distance de l'extrémité du manche aux tourillons .	1,08
Distance des tourillons au centre du marteau. . . .	2,88
Diamètre du manche.	0,52
Diamètre de l'arbre tournant	0,48
Saillie des cames sur l'arbre	0,20
Diamètre de la roue non compris les aubes	2,02
Saillie des palettes.	0,58
Largeur des palettes.	0,52
Largeur du pertuis qui fournit l'eau à la roue . .	0,39
Longueur du même.	0,44
Largeur du coursier	0,58

D'après M. d'Aubuisson, un pareil marteau, battant 120 coups par minute avec $0^{m},30$ à $0^{m},40$ de volée, consomme $0^{m.c.},50$ d'eau par seconde, avec une chute totale de 7 mètres. Mais les marteaux ne marchent point toujours avec une telle vitesse.

Dans quelques forges situées sur des cours d'eau peu considérables, la trompe est placée à une certaine distance en amont de l'usine, et l'eau qui l'a alimentée vient ensuite mouvoir la roue du marteau ; on conduit l'air par des tuyaux en fer-blanc.

Préparation du minerai. 4. Les minerais que l'on traite dans les forges catalanes sont assez purs pour n'avoir point à subir de lavage préalable ; l'unique préparation à laquelle on les soumet consiste à les diviser ; à cet

effet on les broie sous le gros marteau de la forge, auquel on imprime un mouvement lent, jusqu'à ce que les matières soient réduites en fragmens de la grosseur d'une noix; puis on les passe à travers un crible. Par cette opération, un tiers du minerai se trouve réduit en poussière que l'on nomme *greillade* et qui traverse le crible, tandis que l'excédant reste sur la maille.

Le chargement du fourneau se compose de huit quintaux du pays de minerai en fragmens, et dans le courant de l'opération, on jette dans le foyer environ quatre quintaux de greillade, de sorte qu'à chaque fondage, on passe à peu près douze quintaux ou 480 kilogr. de minerai. Au reste cette matière n'est point pesée, on la mesure dans des caisses en bois.

Il existe quelques forges où l'on grille le minerai, dans le but d'obtenir une plus forte proportion d'acier naturel. Ce grillage s'exécutait, il y a cinquante ans, dans un fourneau ouvert et carré, et on le pratiquait dans toutes les forges. Maintenant il a lieu en plein air : sur une aire dressée, on établit un lit de gros bois et par-dessus des couches successives de charbon et de minerai; on recouvre le tas de poussière de charbon, et après l'avoir allumé, on l'abandonne à lui-même. Quand le feu a cessé, on retire le minerai qui est devenu caverneux, et on le broie, ainsi qu'il a été dit. On en emploie une quantité moindre que de minerai cru.

Conduite de l'opération.

5. Le minerai destiné à être consommé dans une opération se prépare vers la fin de celle qui précède, après que l'on a terminé le forgeage du massé, de sorte qu'il ne reste plus qu'à l'introduire dans le fourneau, pour effectuer un nouveau fon-

dage. A cet effet, dès que le massé résultant de l'opération précédente est retiré, on nettoie le creuset en enlevant les scories qui adhèrent aux parois et celles qui sont mélangées avec les charbons embrasés demeurés dans le foyer. On examine la tuyère, et si elle a été dérangée on la remet en place; on procède alors à un nouveau fondage.

On commence par rejeter dans le creuset les charbons incandescens qui ont été retirés pour faciliter la sortie du massé et on les couvre de charbon noir, de manière que celui-ci s'élève à environ cinq centimètres au-dessus de l'extrémité de la tuyère; on presse ce charbon vers le contre-vent, puis le fondeur prend une longue pelle de fer qu'il pose de champ sur le charbon parallèlement à la face du vent, de sorte que les deux tiers de la largeur du creuset restent vers cette face et un tiers seulement vers le contre-vent. On verse alors alternativement du charbon dans la division de la varme et du minerai dans celle du contre-vent; le fondeur tasse fortement le charbon avec un ringard, et remue le minerai à l'aide d'une pelle, pour que tous les vides soient exactement remplis; il élève successivement jusqu'à la hauteur de la tempe la pelle qui divise le creuset; arrivé à ce point, on cesse de mettre du charbon, mais on continue de verser du minerai jusqu'à ce que le chargement soit complet; il en résulte que cette matière s'élève au-dessus du contre-vent et se trouve même en partie sur l'aire, en formant un talus vers l'intérieur et vers l'extérieur du creuset. Le fondeur retire la pelle qui divisait le fourneau et recouvre la surface du charbon et le talus intérieur du minerai d'une

couche de fraisil humecté qu'il bat fortement avec une pelle.

Le changement effectué, on donne le vent qui est faible d'abord et que l'on augmente graduellement, de telle sorte qu'au bout d'une heure environ il ait atteint un terme moyen, que l'on dépasse seulement vers la fin de l'opération, pour le dernier coup de feu. Dans la plupart des forges, les ouvriers règlent la force du vent à l'aide d'un manomètre à mercure qui communique avec le réservoir de la trompe; en commençant ils donnent l'eau de manière que la pression soit de $0^m,036$; vers le milieu du massé, elle est de $0^m,50$ environ; elle atteint à la fin $0^m,63$. Ainsi la quantité d'air lancé dans le fourneau en une minute est successivement de 5,10, de 6,42 et de 6,84 mètres cubes, la section de l'orifice de la buse étant de 0,0009 mètre carré.

Le fourneau étant en activité, on ajoute du charbon toutes les fois qu'il est nécessaire, et on le tasse fréquemment avec un ringard, pour empêcher le mur de minerai de s'ébouler ou de perdre sa forme. Toutes les fois que l'on ajoute du charbon dans le foyer, on jette par-dessus quelques pelletées de greillade que l'on arrose.

Au bout d'une heure à une heure et demie, on fait une première percée afin de donner écoulement aux scories, en ayant soin d'en laisser une partie dans le creuset. Les percées se succèdent ensuite à des intervalles inégaux; mais elles sont de plus en plus rapprochées à mesure que l'opération avance, et vers la fin elles deviennent très fréquentes.

Environ une heure et demie après le commencement de l'opération, ou même plus tôt, si le

fourneau est très chaud, un des ouvriers passe un ringard entre le contre-vent et le mur de minerai et l'enfonce jusque dans la partie inférieure de celui-ci; s'il reconnaît que le minerai s'agglutine, si le ringard sort du fourneau recouvert d'un dé de fer ductile, on passe successivement cet outil d'une extrémité à l'autre du contre-vent; et s'en servant comme d'un levier, on pousse le minerai inférieur vers le centre du feu, ce qui fait descendre celui qui se trouve au-dessus.

Ces essais et cette manipulation se renouvellent de temps à autre jusqu'à ce que tout le minerai soit descendu au fond du creuset, en éprouvant successivement les mêmes accroissemens de température.

Ce n'est ordinairement qu'après quatre ou cinq heures de feu que la descente du minerai est complète. La greillade que l'on a dû jeter dans le fourneau est alors entièrement consommée; mais on ajoute fréquemment du charbon et en plus grande quantité qu'auparavant; sous l'action d'un vent plus fort, on travaille souvent dans le fourneau pour rassembler les grumeaux de fer, et on rapproche de plus en plus les percées afin de faire écouler les scories qui s'opposent à l'agglutination des parties métalliques.

Lorsque le fondeur juge que cette dernière opération est terminée, on cesse d'ajouter du charbon et on laisse descendre le feu jusqu'aux approches de la surface supérieure du massé.

A ce point, on arrête le vent, et l'on se hâte d'enlever avec des pelles les charbons embrasés qui recouvrent le massé; celui-ci adhère ordinairement au fond du creuset : pour l'en détacher, on introduit par le trou du chio un fort ringard que

l'on enfonce à coups de masse entre la loupe et la pierre du fond, et dont on se sert pour soulever le massé; tous les ouvriers se réunissent alors pour le saisir à l'aide de leviers et de crochets et le faire rouler sur le sol de l'atelier.

La durée totale de l'opération est presque toujours de six heures; dès qu'elle est terminée, on en commence une nouvelle.

Cinglage et étirage.

6. Le massé extrait du fourneau est battu à coups de masse, pour rapprocher les parties de la surface qui tendent à s'en séparer, puis traîné sous le marteau où on le cingle et où on l'aplatit. On le coupe alors en deux parties dans le sens de la longueur du fourneau, afin que le fer fort ou l'acier naturel, qui existent principalement vers le laiterol, se trouvent à l'extrémité des deux *massoques* qui en résultent. L'une des deux massoques est cinglée immédiatement, tandis que l'on maintient l'autre à la chaleur rouge, en la recouvrant de scories et de charbons incandescens.

On donne successivement aux deux massoques la forme de prismes carrés que l'on coupe en travers, et delà résultent les *massoquettes*.

Les massoquettes qui ne pèsent guère que 36 à 38 kil. sont successivement chauffées et étirées en barres.

Le chauffage s'opère dans le fourneau même où l'on travaille à un autre massé; c'est dans la partie du feu la plus rapprochée de la varme que l'on chauffe le fer à étirer, ce qui ne nuit nullement à l'action du feu sur le minerai placé près du contre-vent.

Toutes ces opérations durent environ cinq heures, et sont par conséquent terminées une heure

avant l'achèvement du massé suivant, ce qui est indispensable, parce que le chauffage, vers la fin, deviendrait impraticable.

Ouvriers employés.

7. Les ouvriers employés au service d'une forge catalane sont au nombre de huit, dont voici les noms et les fonctions :

1° *Le foyer*. Cet ouvrier est chargé de la construction du fourneau ; c'est lui qui doit veiller à ce que la direction de la tuyère soit conservée, qui fait aux dimensions du creuset les changemens qu'il juge convenables ; il doit aussi prendre soin de la trompe ; enfin il alterne avec le *maillé* pour le cinglage et l'étirage des massés.

2° Le *maillé*. Il est spécialement chargé de tout ce qui concerne le marteau, ainsi que du cinglage des massés et de l'étirage du fer en barres. Il supplée néanmoins le foyer dans toutes ses fonctions, de même que celui-ci le remplace pour les siennes.

3° Les *escolas*. Ce sont les fondeurs ; ils dirigent la marche du fourneau et exécutent le travail auquel elle donne lieu.

4° Les *valets d'escola* sont les aides-fondeurs ; ils portent le charbon, etc.

5° Les *pique-mines*. Ils doivent préparer le minerai que l'on emploie, en le broyant et en le criblant. Ils aident en outre le foyer et le maillé pour l'étirage du fer en barres.

Les huit ouvriers d'une forge sont divisés en deux postes, pour chacun desquels il y a un escola, un valet et un pique-mine. L'un des postes a pour chef le foyer et l'autre le maillé, ces deux maîtres ouvriers se suppléant réciproquement, ainsi que je l'ai déjà dit. Chaque poste travaille six heures et se repose pendant six autres heures. Les deux postes se réunissent au moment de la sortie du

massé ; dès qu'il est retiré, le nouveau poste entre en fonctions.

On a toujours, dans les forges, un neuvième ouvrier qui y est à demeure et que l'on nomme le *garde-forge* ; c'est lui qui délivre aux fondeurs les matières dont ils ont besoin, qui mesure le charbon, etc., et qui tient note des quantités qu'il délivre. C'est l'homme de confiance du maître de forge; il est chargé de veiller à ses intérêts.

8. Les forges catalanes fournissent trois sortes de produits que l'on distingue dans le pays sous les noms de *fer doux*, *fer fort* et *fer cédat*. Nature des produits.

1° Le fer doux forme la majeure partie des massés. Ce produit des forges catalanes de l'Ariége est toujours un peu aciéreux, ce qui doit le faire ranger parmi les fers durs; il est d'ailleurs très nerveux et peut être regardé comme étant d'excellente qualité.

2° Le fer fort, que l'on confond quelquefois avec l'acier naturel, est un mélange de fer et d'acier, dans lequel celui-ci domine plus ou moins. L'acier se forme à la surface du massé, principalement vis-à-vis le trou du chio, il est donc inévitable que dans le cinglage et l'étirage il soit mêlé avec le fer. Néanmoins on obtient ordinairement quelques barres où l'acier domine et qui constituent le fer fort. Il est très estimé pour la confection des outils aratoires et tranchans, et se vend plus cher que le fer doux; on conçoit en effet que le mélange qui constitue le fer fort, doit former une sorte d'étoffe. Le fer fort n'entre guère que pour un douzième au plus dans les produits des forges catalanes.

3° Le fer cédat est un véritable et excellent acier naturel; on le reconnaît par la trempe, qui déve-

loppe à sa surface des gerçures transversales appelées *cèdes* dans le pays. Ce produit n'est qu'accidentel dans les forges qui n'ont point pour but spécial d'obtenir de l'acier.

Quant au forgeage, le fer des forges catalanes est ordinairement assez grossièrement fabriqué; ce qui s'explique par l'emploi presque exclusif de très gros marteaux. Aussi préfère-t-on à tous égards y faire des pièces de fortes dimensions, telles que des essieux de voitures, des bandes de roues, des barres destinées à la cémentation. Néanmoins, dans les forges nouvellement construites, on a généralement établi un petit marteau du poids de 110 à 150 kil., sous lequel on repasse au besoin le fer étiré au gros marteau. On obtient ainsi facilement les dimensions que l'on désire, et l'on peut donner au fer le même degré de fini que dans les autres forges.

§ II. Résultats économiques sur les forges catalanes.

Forces motrices.

9. En rassemblant les données économiques que j'ai recueillies sur les forges catalanes, je me propose non-seulement d'établir le prix de fabrication du fer dans ces usines, mais encore de faire connaître les dépenses qu'entraîne la construction d'une pareille forge et les fonds de roulement nécessaires pour la tenir en activité. Mais avant d'entrer dans ces détails, il convient d'examiner les conditions que doit remplir la localité où l'on veut construire une forge catalane, soit sous le rapport de l'emplacement que doivent occuper l'usine et ses dépendances, soit sous celui de la force motrice dont on doit pouvoir disposer. Nous

cherchèrons donc à évaluer d'abord la puissance mécanique nécessaire pour la mise en activité d'une forge catalane, en admettant qu'elle soit due à l'action d'un cours d'eau.

Nous avons vu dans le § 2 qu'avec une chute de 6^{m},50 la trompe des forges de l'Ariége consomme moyennement 0,12 mèt. cube d'eau par seconde. Cette machine emploie donc un travail moteur représenté par 780 kil. × mètre, ou par 10,40 chevaux dynamiques, en évaluant la force du cheval dynamique à 75 kilogrammes élevés à un mètre de hauteur en une seconde de temps. Mais, comme d'après les nombreuses expériences de MM. Thibaud, Tardy et d'Aubuisson, le travail utilisé dans les trompes est au plus $\frac{1}{10}$ du travail total de la chute d'eau, le travail utile d'une semblable machine est représenté par 78 kilog. × mét., ou par 1,04 cheval dynamique. Les machines soufflantes des forges catalanes étant presque constamment en activité, on peut admettre que le travail utile d'une pareille trompe durant 24 heures, ou 86.400 secondes, sera représenté par 6.739.200 kilog. × mét., et le travail moteur dépensé dans le même intervalle de temps, par 67.392.000 kilog. × mét.

D'après le § 3, un marteau battant 120 coups par minute, consomme 0,50 mètre cube d'eau, sous une chute de 6^{m},50 pendant une seconde. Le travail moteur est donc alors de 3250 kilog. × mét. = 43,33 chevaux dynamiques. Pour connaître le travail dont la roue est susceptible, nous remarquerons d'abord que la vitesse avec laquelle l'eau arrive sur les aubes est due seulement à une hauteur moyenne de 5^{m},50, ce qui donne au plus pour cette vitesse 10^{m},79. L'arbre tournant portant

quatre cames, fait un demi-tour par seconde, et la demi-circonférence moyenne parcourue par les aubes étant de 4^m,08; telle est aussi la vitesse moyenne des aubes. Cette vitesse est donc les $\frac{2}{5}$ de celle de l'eau affluente, rapport qui donne le maximum pour le travail transmis à la roue. Ce maximum est, d'après Smeaton, le tiers du travail du moteur; il sera donc, dans le cas présent, le tiers du travail qui serait dû à 0,50 mètre cube tombant de 5^m,50 de hauteur, ou un tiers de 2750 kilog. × mét., c'est-à-dire 916 kilog. × mét. = 12,22 chevaux dynamiques.

Mais cette évaluation est certainement exagérée. Les marteaux ne battent point habituellement 120 coups par minute; ils vont même très lentement lorsqu'il s'agit de cingler les massés et de finir les barres. Je crois en conséquence que l'on peut, en restant encore au-dessus de la vérité, porter le travail des roues des marteaux à 10 chevaux dynamiques, ou à 750 kilog. × mét. Pour une chute de 6^m,50 que l'on utiliserait entièrement, on devrait consommer 0,35 mètre cube d'eau par seconde, ou 2250 kilog. × mét. = 30 chevaux dynamiques de travail moteur. Les marteaux ne fonctionnant guère que 12 heures par jour, ou 43.200 secondes par 24 heures. Le travail moteur consommé dans une journée est représenté par 97.200.000 kilog. × mèt., et le travail effectif de la roue par 32.400.000 kilog. × mèt.

Ainsi, avec un bassin assez vaste pour tenir en réserve une partie de l'eau destinée à mouvoir le marteau, il suffit, pour son jeu et pour celui de la trompe, que le cours d'eau alimentaire fournisse 0,30 mètre cube d'eau par seconde.

Si l'on substituait à la trompe une machine à pistons bien construite, le travail utile y serait à peu près le quart du travail du moteur, on ne consommerait plus que 0,04 mètre cube d'eau par seconde pour la soufflerie, et le cours d'eau devrait fournir seulement 0,22 mètre cube d'eau par seconde.

Dans les pays de montagnes, tels que l'Ariége, où l'on dispose de fortes chutes, les trompes sont préférées aux autres machines soufflantes parce qu'elles sont beaucoup moins coûteuses.

10. L'emplacement où l'on veut établir une forge catalane doit pouvoir contenir le hangar de la forge, le réservoir du marteau, une halle à charbon, un magasin pour le minerai, un pour le fer, enfin le logement du commis, comprenant aussi un bureau. Devant les bâtimens doit exister une place assez vaste pour que les voitures puissent s'y mouvoir commodément. **Emplacement.**

Le bâtiment de la forge proprement dite renferme le foyer, le marteau, la trompe, dix ou douze cases en bois appelées *parsons*, dans lesquelles on mesure le charbon, et la chambre des ouvriers ; cette chambre est une sorte de soupente, formant ordinairement, au-dessus des parsons, un premier étage où l'on monte par une échelle.

Les dimensions de ces diverses constructions se trouvent dans le devis détaillé qui suit, ou bien dans les planches qui accompagnent cette notice.

11. Le devis donné ci-après s'applique à une forge récemment construite dans une des vallées du département de l'Ariége. **Devis d'une forge.**

1° *Digue sur une rivière de 10 mètres de largeur.*

	fr. c.	
40 pieux, à 15 fr. l'un.	600,00	1828,00
Madriers en chêne de 2 pouces d'épaisseur	200,00	
Traverses en chênes pour le grillage .	180,00	
Remplissage en pierre : 60 mètres carrés, à 4 fr. l'un.	240,00	
Chevilles en fer : 163 kilogrammes . .	108,00	
Façon et faux frais	500,00	

2° *Canal d'amenée sur 406 mètres de longueur, 2 mètres de largeur et 1 de profondeur.*

Déblai à 75 c. le mètre cube.	610,00	1180,00
Mur de soutènement en pierres sèches, à 45 c. le mètre carré, la pierre se trouvant dans le déblai	360,00	
Écluse ou vanne de la digue, avec éperon	150,00	
Vanne de décharge, à demi-longueur du canal.	60,00	

3° *Grand bassin ou réservoir de 20 mètres sur 15.*

Deux murs en maçonnerie à ciment du côté des roues et trompe : 80 mètres carrés, à 8 fr. l'un	640,00	1330,00
Murs à pierres sèches pour les autres parois du réservoir : 80 mètres carrés à 75 c., les pierres se trouvant dans le déblai.	240,00	
Déblai sur une profondeur de 2 mètres : 600 mètres cubes à 75 c. l'un.	450,00	

4° *Bassins en bois communiquant avec le précédent.*

Bassin du gros marteau : 42 mètres carrés de madriers de 3 pouces, à 12 fr. 50 c. le mètre carré, tout compris	525,00	950,00
Petit bassin : 34 mètres carrés. . . .	425,00	

5° *Murs de soutènement entre le réservoir et la forge, près des roues et trompes, en maçonnerie à ciment, de 24 mètres de longueur sur 1 de hauteur et 0m,80 d'épaisseur.*

308 mètres cubes, à 6 fr. l'un. . . .	1940,00	1940,00

6° *Bâtimens de la forge de 19 mètres de longueur sur 13 mètres de largeur, et 5,50 de hauteur de mur.*

Déblais et fondations.	197,50	4293,50
Murs de support des roues, en pierres sèches : 28 mètres cubes à 2 fr. 50 c.	70,00	
Murailles de la forge : 271 mètres carrés à 6 fr.	1626,00	
Toiture de la forge en tuiles creuses : 400 mètres carrés, à 6 fr. l'un. . .	2400,00	

7° *Canal de fuite pour la roue et la trompe.*

Déblais : 200 mètres cubes, à 2 fr. l'un.	400,00	1080,00
Murs de soutènement et grandes ardoises pour recouvrir	680,00	

8° *Trompe et dépendances.*

Petit réservoir pour la trompe : 10 mètres carrés de madriers à 12 fr. 50 c., tout compris.	126,00	1723,00
Coursier pour y amener l'eau : 60 mètres carrés de madriers à 6 fr. . . .	360,00	
Trompe avec ses arbres et dépendances	824,00	
Canon de bourrec et tuyère en cuivre.	221,00	
Mur d'enceinte de la trompe : 24 mètres carrés à 6 fr.	144,00	
Toiture sur la trompe : 12 mètres carrés à 4 fr.	48,00	

9° *Pièces en fer pour le creuset.*

En tout 30 quintaux ou 1224 kilog. .	600,00	600,00

10° Équipage du gros marteau.

Roue à palettes	210,00	
Arbre tournant avec ses ferrures. . .	700,00	
Soucheries, soumassés et traverses. .	840,00	
Déblai et remblai	150,00	
Pierre du mail et derne	1200,00	4023,00
Marteau en fonte, manche du marteau, bogue, enclume, coins, chevilles, etc.	618,00	
Scoutre et passelice	238,00	
Portancille et levier en chêne	67,00	

11° Boiserie et menuiserie.

12 parsons, à 30 fr. l'un.	360,00	
Chambre et armoire des forgerons. .	255,00	715,00
3 portes, dont une grande	100,00	

12° Outils des forgerons.

Ils pèsent en tout 1138 livres ou 465 kil.	268,50	268,50

13° Petit marteau.

Il coûte tout compris.	2002,00	2002,00
Total pour la forge proprement dite.		21933,00

14° Logement des commis et magasins de minerai et de fer, de 14 mètres de longueur sur 8 de largeur.

Murailles principales : 368 mètres carrés à 5 fr.	1690,00	
Murs de séparation des deux magasins : 24 mètres à 4 fr.	96,00	
Premier plancher : 112 mèt. carrés à 5 fr.	560,00	
Deuxième plancher, 112 mèt. carrés à 4 fr.	448,00	3950,00
Cloisons, fenêtres, portes et vitres . .	164,00	
Deux portes d'entrée avec leurs ferrures	170,00	
Bureau et tablettes.	52,00	
Toiture : 140 mètres carrés à 5 fr. 50 c.	770,00	

15° *Magasin au charbon, de 14 mètres de longueur sur 8 de largeur et 6 de hauteur.*

Murailles : 270 mètres carrés à 5 fr.	1350,00	2169,00
Toiture : 140 mètres carrés à 5 fr. 50 c.	770,00	
Deux portes	49,00	
Total pour les bâtimens accessoires		6119,00
Total général pour l'ensemble de l'usine.		28052,00

Ainsi la construction d'une forge catalane revient, dans l'Ariége, à moins de 30.000 francs.

12. Afin d'arriver à l'évaluation des capitaux nécessaires pour le roulement d'une forge catalane, j'exposerai d'abord les consommations et les produits qui résultent d'une opération telle que celle décrite § 5. Je ferai d'abord quelques remarques sur les mesures employées pour les matières premières, et sur leurs prix. Fonds de roulement.

Le minerai provenant des mines de Rancié se vend à la charge, dont le poids est fixé à 60 kil.

Le charbon est transporté, et vendu aux maîtres de forges, dans des sacs qui contiennent deux hectolitres. L'hectolitre de charbon (chêne et hêtre) pèse 235 kilogrammes moyennement; ainsi le poids du sac est de 47 kilogrammes, et celui du mètre cube de 235. Les parsons dans lesquels on mesure le charbon pour le livrer aux forgerons, contiennent ordinairement 9 sacs, ou 1,80 mètre cube, pesant 423 kilog., on mesure aussi le charbon par charge (de mulet); elle se compose de trois sacs, cubant 0,60 mètre cube, et pesant 141 kilogrammes.

Les prix des matières premières sont très variables dans l'étendue du département de l'Ariege, selon l'éloignement où les forges se trouvent de la mine qui les alimente toutes, ou des forêts qui

leur fournissent les combustibles. Le prix de la charge de minerai est compris entre 1 fr. 5 c. et 2 fr. 31 c.; celui du quintal métrique de charbon va de 3 fr. 80 c. à 8 fr. 10 c., et même à 8 fr. 90 c. Il est donc assez difficile de comprendre dans une seule formule les données économiques du prix de revient des fers dans cette contrée; néanmoins, en remarquant que la valeur du minerai dans chaque localité est à peu près en raison inverse de celle du charbon, on peut dire qu'il est assez indifférent de considérer l'une ou l'autre de ces forges; en conséquence, je prendrai pour exemple celles qui me sont le mieux connues, et les résultats qui suivent se rapporteront à un des foyers catalans de la vallée de Vicdessos, pour lequel j'admettrai une bonne allure du fourneau. On y consomme alors par feu ou par opération :

			fr. c.
Minerai : 8 charges, ou 480 kilog., à 1 fr. 5 c. la charge			8,40
Charbon : 10 sacs, ou 470 kilog., à 4 fr. le sac			40,00
Main-d'œuvre.	Le foyer, le maillé et les deux escolas, à 50 c. chacun par quintal du pays	8,00	10,02
	Les deux valets d'escola à 5 fr. par semaine, ou 21 c. par feu	0,42	
	Les deux piques-mines à 20 c. chacun par quintal du pays	1,60	
Entretien ordinaire de l'usine et du cours d'eau			1,00
Commis et garde forge			1,20
			60,62
Intérêt pour six mois des avances, à 6 pour 100 par an			1,82
Total des dépenses par feu			62,44
On obtient 4 quintaux du pays, ou 163 kilog. de fer en barres, vendus à raison de 43 fr. 44 c. les 100 kil.			71,80
Différence ou bénéfice par feu			9,36

Mais ce résultat suppose, comme je l'ai déjà fait observer, un bon travail. Il arrive souvent que l'on obtient, avec les mêmes consommations, seulement 375 livres ou 153 kilogrammes de fer, valant 66 fr. 46 c.; ce qui réduit le bénéfice par feu à 4 fr. 42 c.; en prenant une moyenne entre ces divers résultats, nous pourrons dire que le produit d'une opération est de 158 kil., valant 68 fr. 3 c. et que le bénéfice s'élève à 6 fr. 89 c.

Le travail de ces forges est continu durant chaque semaine, et il est interrompu le dimanche pendant 24 heures; on fait donc 24 massés par semaine, et environ 100 par mois, d'où résulterait une production de 1.200 massés par année. Mais les chômages occasionés soit par les réparations, soit par le manque d'eau, réduisent le travail des meilleures forges à 1.000 feux par an. Ainsi je puis établir le produit annuel d'un foyer catalan à 1.580 quint. mét. de fer, qui, à 43 fr. 44 c. l'un, valent 68.635 fr. 20 c.; à déduire pour consommations 62.140 fr., reste net 6.495 fr. 20 c.

Si l'on retranche de cette somme l'intérêt à 5 pour 100 des 30.000 fr. qu'a coûté la construction de la forge, savoir, 1.500 francs, on aura l'augmentation annuelle des capitaux, laquelle sera de 4.995 fr. 20 c.

Les fonds nécessaires pour le roulement d'une pareille usine sont, d'après ce que nous avons posé, égaux à la moitié de la valeur totale des consommations de l'année; ils doivent donc s'élever à un peu plus de 30.000 fr. Il résulte donc de là que celui qui veut construire une forge catalane doit pouvoir disposer d'une somme de 60.000 fr.

Il est inutile d'insister sur les grands avantages que l'on trouve à réunir deux feux dans la même usine; les données que je viens d'énoncer fournissent les moyens de calculer l'économie qui résulte de cet accroissement de fabrication.

Consommations.

12. Après avoir en quelque sorte épuisé la question financière, considérons les forges catalanes sous le rapport de leurs consommations et de leurs approvisionnemens matériels.

Si l'on se reporte à ce que nous venons d'exposer pour une seule opération, on verra que dans l'année on emploie 4.800 quint. mét. de minerai, et 4.700 quint. mét. de charbon, pour obtenir 1.580 de fer forgé. On conclut de là que, pour obtenir 100 de fer, on consomme 303 de minerai, et 297 de charbon, et en fondant 100 de minerai, qui exigent 97 de charbon, on obtient 33 de fer en barres.

Les consommations sont loin d'être affaiblies, car la plupart du temps on emploie par feu moins de dix sacs de charbon; cependant j'ai adopté ce nombre afin de tenir compte du déchet qui a lieu dans le charbon emmagasiné. Les maîtres de forges admettent en effet des consommations à peu près égales en poids de charbon et de minerai, à cause des fréquens dérangemens qui troublent l'allure des fourneaux catalans.

La méthode catalane n'en est pas moins la plus économique de toutes celles que l'on peut employer pour le traitement des minerais de fer, puisque, dans les procédés ordinaires, on consomme au moins 350 de charbon pour 100 de

fer (1). A la vérité, dans les affineries au bois, le fer obtenu est mieux fini que dans les forges catalanes, et l'on y fabrique toutes les dimensions; mais lorsque ces dernières sont munies d'un petit marteau, on arrive au même but sans augmenter la dépense en combustible.

On a quelquefois reproché à la méthode catalane de laisser perdre une trop forte proportion du métal contenu dans le minerai; examinons la valeur de cette objection. Les minerais auxquels on applique ce procédé contiennent moyennement 0,52 de fer métallique; traités dans les hauts-fourneaux, ils rendraient 0,50 de fonte, qui, à raison de 140 pour 100, donneraient par l'affinage 0,35 de fer forgé: on obtient 0,33 dans les foyers catalans. Je persiste donc à penser que cette méthode est la plus simple et la moins dispendieuse que l'on puisse suivre, lorsque la nature des minerais s'y prête.

13. Les charbons de toute espèce peuvent être employés dans les fourneaux catalans; néanmoins, dans l'Ariége, on préfère les charbons durs (chêne et hêtre) aux charbons légers (sapin, pin, aulne, bouleau et châtaignier), dont on ne consomme au reste qu'une petite quantité. Approvisionnemens.

L'économie de cette matière première est d'une grande importance dans un pays où elle est fort chère. On cherche avant tout à éviter les déchets résultans des déplacemens. Quand cela se peut, on fait peu d'approvisionnemens; les charbons ar-

(1) Dans la Dordogne, où l'on suit la méthode d'affinage dite comtoise, on consomme en tout au moins 360 et ordinairement 388 de charbon pour obtenir 100 de fer forgé.

rivant à la forge sont versés dans les parsons et livrés immédiatement aux ouvriers. Toujours fait-on en sorte d'avoir un grand nombre de parsons, qui permettent d'emmagasiner le moins possible de charbon.

L'emploi du charbon dans le travail des forges exige une grande surveillance ; les ouvriers sont à prix fait, et intéressés à ce que le produit soit le plus considérable possible ; mais peu leur importe le chiffre des consommations. Ils ont toujours assez de minerai, mais il n'en est point de même du charbon. On commence par leur en livrer un parson ou 9 sacs, quantité que l'on juge devoir suffire à peu près pour un feu ; mais presque toujours il devient nécessaire vers la fin de l'opération d'accorder un supplément de combustible, sous peine de perdre le fruit de tout le travail précédent. Quelques maîtres de forges ont des parsons qui contiennent moins de 9 sacs ; quoique les ouvriers ne prennent point le change sur cette fiction, elle est cependant propre à leur faire économiser le charbon.

Peu de maîtres de forge, dans l'Ariége, possèdent en propre les bois nécessaires pour le roulement de leur usine. En général ils s'approvisionnent par la voie du commerce, c'est-à-dire qu'ils achètent le charbon aux spéculateurs qui se rendent adjudicataires des coupes des forêts domaniales. Cette matière est ordinairement livrée rendue sur l'usine. Les transports s'effectuent à dos de mulets pour les courtes distances, et sur de grosses charettes pour les longs trajets. Les retours consistent presque toujours en minerai.

Les forges voisines de la mine sont en effet presque entièrement dépourvues de bois dans les

environs. Cela tient à ce que les forêts qui les entouraient jadis ont été sans doute plus anciennement et plus complétement détruites que dans les autres régions, qui n'offraient pas autant d'avantages réunis. De cet état des choses résulte la coexistence de toutes ces forges, dont le roulement serait inévitablement interrompu, sans le secours mutuel qu'elles se prêtent; les unes ne recevant du minerai que par le retour des transports de charbon; les autres ne pouvant avoir du charbon, si l'on ne venait pas chercher du minerai. De là résultent aussi des avantages à peu près égaux pour les unes et pour les autres, en remarquant néanmoins que le transport du minerai coûte moins que celui du charbon, et que par conséquent les forges voisines des forêts sont les plus favorisées.

Suivant M. Dralet, conservateur des forêts à Toulouse, la coupe d'un hectare, dans les forêts des Pyrénées, produit 50 stères de bois de charbonnage; cette quantité fournit environ 20 mètres cubes de charbon, attendu l'imperfection des procédés de carbonisation. D'après le poids que nous avons adopté § 12 pour le mètre cube, le produit d'un hectare sera de 47 quintaux mét. de charbon, et comme une bonne forge consomme annuellement 4.700 quintaux mét., son roulement absorbe la coupe de 100 hectares. Ces bois sont exploités tous les dix-huit ans; il faut donc une étendue de 1.800 hectares pour alimenter une forge catalane fabriquant par an 1.580 quint. mét. de fer de toutes formes.

14. Le placement des produits des forges catalanes de l'Ariége embrasse un grand nombre de départemens. Ils fournissent à la consommation locale et à celle de cinq fours de cémentation, — Débouchés des produits.

de trois aciéries, d'une fabrique de faux, de deux fabriques de limes, et d'environ quinze martinets, toutes usines situées dans l'Ariége; hors du département, ils alimentent en partie les fabriques d'acier, de faux et de limes de Toulouse et d'Alby; ils constituent presque tout le fer que l'on consomme dans les départemens de la Haute-Garonne, du Tarn et de Tarn-et-Garonne, et en partie celui qui est employé dans les départemens de l'Aude, de l'Aveyron, du Lot, du Gers et des Hautes-Pyrénées, et même dans ceux du Lot-et-Garonne et de la Gironde. Passés aux martinets, et surtout convertis en acier, etc., les fers de l'Ariége se répandent dans une grande partie de la France et principalement dans les départemens de l'Ouest.

La plupart des forges se trouvant situées sur une des nombreuses routes qui traversent le département, ou en étant peu éloignées, les transports s'exécutent avec facilité.

Le fer doux fabriqué, soit en essieux et en gros outils, soit en bandes et en carrés de diverses dimensions, se vend le même prix, quoiqu'il y ait bien moins de déchet dans le forgeage des grosses pièces. Le prix du fer fort excède celui du fer doux, de 6 à 7 fr. par quintal métrique. Quant au fer cédat, sa qualité seule détermine son prix, qui ne peut avoir de rapport avec celui des autres produits.

Ensemble de la fabrication du département.

15. Il me reste à faire connaître l'ensemble de la fabrication dans les forges catalanes du département de l'Ariége; j'emploierai, pour y parvenir, les documens que je dois à M. François; ils sont relatifs à l'année 1834, et comprennent les

produits des usines qui élaborent immédiatement le fer brut obtenu.

Sur 44 forges, comprenant 50 feux, que possède ce département, 41 usines, renfermant 47 feux, ont été en activité; elles ont livré au commerce :

			fr. c.
Fer doux. .	44.876 quint. mét. valant . .		1.956.593,60
Fer fort . .	3.895	—	190.855,00
En tout . .	48.771	—	2.147.448,60

Elles ont consommé :

Minerai. . .	158.161 quint. mét. valant . .		
Charbon . .	145.989	—	947.468,71
En matières premières, une valeur de. . . .			

On remarquera que la consommation en minerai a de beaucoup excédé cette année la moyenne que nous avons admise. M. François explique cette augmentation par la mauvaise qualité du minerai.

13 martinets ont été mis en activité; ils ont fabriqué :

			fr. c.
Feuillard. . .	1 200 quint. mét. valant. . .		77.760,00
Vergine, etc.	1.250	—	70.250,00
En tout. . . .	2.450	—	148.010,00

Ils ont consommé :

Fer brut . . .	2.597 quint. mét. valant. . .		113.229,20
Houille. . . .	1.040	—	10.821,00
En matières premières			124.050,40

Les 13 aciéries du département, comprenant 5 fours de cémentation, 15 feux de martinets

pour acier, 8 feux de martinets pour faux, et 2 fabriques de limes, ont produit :

			fr. c.
Acier paré en étoffe. .	2.000	quint. mét. val.	136.000,00
Ressorts de voiture . .	3.500	—	252.000,00
Carreaux en acier. . . .	2.000	—	360.000,00
Faux, 23.000, pesant .	690	—	50.597,70
Limes, 20.000 paquets, pesant	200	—	31.000,00
En tout.	8.390	—	829 597,00

On a consommé :

Fer brut	11.180	quint. mét. val.	487.709,60
Houille.	38.090	—	198.071,12
En matières premières			685.780,72

En résumé, la valeur créée par ces diverses industries, dans le cours d'une année, s'est élevée à 2.524.117 fr. 50 cent.

§ III. Considérations théoriques sur la méthode catalane.

Théorie de l'opération à la catalane.

16. Les minerais que l'on traite dans les forges de l'Ariége sont presque entièrement des hydrates de peroxide de fer, mélangés d'oxide de manganèse et d'argile. On n'a jamais analysé que des fragmens d'hydrate pur ou presque pur ; néanmoins je ne pense pas que l'on puisse commettre une grande erreur en admettant pour les minerais passés aux fourneaux la composition suivante :

Hydrate de peroxide	86
Oxide de manganèse	3
Argile et eau hygrométrique . .	11
	100

Ou bien, sous une autre forme :

Fer métallique	52
Oxigène combiné avec le fer. . .	23
Eau combinée avec le fer. . . .	11
Oxide de manganèse	3
Argile et eau non combinée. . .	11
	100

Avant de tenter l'explication des phénomènes qui se passent lorsqu'on soumet ces minerais à l'action du feu et du carbone, dans les fourneaux catalans, je rappellerai que depuis long-temps Mushet et Collet-Descotils ont prouvé que l'oxide de fer, en contact avec le charbon, se réduit par cémentation à une chaleur modérée (*Journal des mines*, tome XXI, page 288), et que M. Berthier a démontré dans son mémoire sur les battitures (*Annales des mines*, tome X, page 120), que le peroxide de fer, soumis à cette cémentation, se transforme en totalité en oxide magnétique avant qu'il se forme du fer métallique; qu'ensuite, la réduction se propage de la surface au centre, en s'opérant de telle manière, qu'à mesure qu'il se produit du fer métallique à la surface, il se forme de l'oxide des battitures dans l'intérieur et jusqu'au centre; qu'enfin, lorsque la cémentation est très avancée, le fragment de métal se recouvre d'une épaisseur notable de fer aciéreux.

D'après la disposition relative du minerai et du charbon dans les foyers catalans, il est évident que, durant la première partie de l'opération, le minerai se trouve exposé à une chaleur modérée, dont le premier effet est d'expulser l'eau, d'opérer en un mot un véritable grillage; l'action

de la température croissante, réunie à celle du charbon en contact, détermine ensuite une cémentation désoxidante des fragmens métallifères. A mesure que les couches voisines du combustible sont réduites, on les pousse vers le centre du feu, et les suivantes éprouvent les mêmes effets. Les grumeaux métalliques, exposés à une chaleur plus intense, subissent une demi-fusion qui permet leur agglutination, tandis que les matières terreuses s'écoulent en scories, en entraînant les oxides non réduits.

Les fragmens désoxidés exposés à l'action d'un feu plus vif, dans la partie inférieure du fourneau, continueraient à se carburer par cémentation, si cet effet n'était pas combattu par l'action de la greillade. En effet, cette matière que l'on jette sur les charbons, pendant plus de quatre heures, descend rapidement au fond du creuset, sans être complétement désoxidée; elle doit donc, tout en se réduisant, empêcher les grumeaux métalliques de se changer en acier. Mais dans une opération qui s'exécute sur une grande quantité de matières, les phénomènes ne sont point nettement tranchés comme dans une expérience de laboratoire; ainsi la surface de quelques fragmens doit demeurer aciéreuse, tous ne doivent point être entièrement désoxidés, la greillade ne doit point être réduite en totalité; de là les grains aciéreux que présente le fer produit; de là le passage dans les scories d'une portion du métal, dont la présence est d'ailleurs nécessaire pour déterminer la fusion des substances terreuses.

Cette fusion doit s'opérer principalement vers la fin de l'opération, alors que les matières réunies au fond du creuset y subissent une température

plus élevée ; alors aussi la cémentation des grumeaux réunis en massé doit être plus active, d'où résulte l'aciération de la surface de la loupe, surtout vers la face du laiterol par où s'échappent les scories.

Ces diverses cémentations s'effectuent d'autant plus aisément, que la mine est plus riche et les matières terreuses plus rares et plus fusibles ; aussi n'a-t-on pas pu traiter avec avantage, par la méthode catalane, les minerais du Berry, et les fers spathiques magnésiens des Alpes (*Dietrich*, t. I), tandis que les minerais riches et manganésifères sont éminemment propres à subir ce mode de traitement. Les premiers ne rendaient que très peu de fer, qui presque toujours n'était pas soudable ou qui du moins était très pailleux.

L'expérience et la théorie s'accordent à montrer que, durant la première partie de l'opération, la chaleur doit être modérée ; sans cette précaution une portion notable du minerai passe dans les scories. D'une autre part, lorsque vers la fin la température est extrêmement élevée, il arrive quelquefois que l'on obtient du fer coulant, mais en petite quantité, qui s'échappe avec les scories. Probablement il est souvent aciéreux ; néanmoins j'en ai vu qui ne pouvait point se tremper, et qui cependant se forgeait bien, sans être d'excellente qualité.

Quelques personnes, et notamment Lapeyrouse, ont conclu de ce résultat exceptionnel qu'il y a fusion complète dans les fourneaux catalans ; l'ensemble des phénomènes me paraît tout-à-fait contraire à cette supposition : en l'adoptant je ne verrais aucun moyen de les expliquer.

Il paraît, d'après deux analyses de M. Berthier,

que la composition des scories ne varie guère dans le courant de l'opération, et qu'elles contiennent toujours 0,36 à 0,38 de protoxide de fer. Les fondeurs ont d'ailleurs soin qu'elles aient toujours la même fluidité, et ils obtiennent ce résultat en jetant sur le fourneau plus ou moins de greillade, ce qui prouve ce que j'ai avancé, que cette substance atteint le fond du creuset sans être complétement désoxidée. On la remplace quelquefois par des scories riches, qui sont évidemment propres à remplir le même but.

Causes de la formation de l'acier.

17. J'ai déjà fait remarquer que l'on obtient presque toujours du fer fort dans le traitement catalan, mais ordinairement en petite quantité; il est cependant des forges où ce produit est considérable, et où l'on obtient même beaucoup d'acier naturel. Enfin, dans presque toutes les forges on a accidentellement quelques massés plus aciéreux que les autres. Pendant long-temps on a cru qu'il n'existait point de méthode fixe pour avoir constamment de l'acier, et beaucoup d'ouvrages ont donné des notions très fausses sur les moyens qui devaient conduire à ce résultat.

Les observations que je vais rapporter montreront que la solution de cette question est beaucoup plus simple qu'on ne le pensait autrefois : 1° dans le travail ordinaire des forges catalanes, le fer fort ou l'acier naturel se trouvent principalement à la surface du massé, et surtout à l'extrémité voisine du chio, laquelle est la plus dégagée de scorie. 2° Il y a cinquante ans, les forges de l'Ariége employaient le minerai grillé; elles consommaient plus de charbon et moins de minerai qu'on ne fait maintenant; on obtenait beaucoup plus de fer fort et d'acier naturel; La-

peyrouse en porte la quantité à un quart du produit total. 3° Dans les forges où l'on cherche à obtenir et où l'on obtient réellement encore beaucoup d'acier naturel, on continue à griller le minerai, et on prolonge l'opération de telle sorte, qu'au lieu de vingt-quatre massés par semaine, on n'en fait guère plus de vingt; le produit total de chaque massé est moindre que dans l'opération ordinaire, et on consomme plus de charbon. 4° Il est généralement reconnu que les charbons durs (chêne, hêtre, châtaignier), donnent lieu à la formation d'une plus forte proportion d'acier naturel que les charbons légers (pin, sapin, aulne, bouleau). 5° Les forges voisines des bois où l'on ménage moins le charbon, produisent plus de fer fort que les autres. 6° Enfin, on remarque, indépendamment de cette circonstance, que certaines forges donnent plus de fer fort, et que leurs trompes ont plus de chute que les autres.

Examinons quelle peut être l'influence des diverses circonstances que je viens d'énoncer.

Dans le grillage, tel qu'il s'opérait autrefois, et tel qu'on le pratique encore, le minerai se trouve en contact avec le charbon à une température modérée; il doit donc y perdre d'abord l'eau qui entre dans sa composition, puis y éprouver un commencement de réduction par cémentation. Cette réduction peut même être assez avancée, puisque la chaleur suffit pour fondre en partie les matières terreuses.

Le minerai ainsi préparé étant porté dans le fourneau, et y subissant le même traitement que dans le travail ordinaire, doit nécessairement être plus carburé que dans celui-ci, et d'autant qu'alors l'opération est plus prolongée. Il n'est donc

point étrange qu'au lieu de fer doux et d'un peu de fer fort, on obtienne beaucoup de fer fort et même du véritable acier naturel. Mais en même temps, la prolongation qu'éprouve la durée de l'opération donne nécessairement un grand déchet, d'où diminution dans la quantité des produits.

La formation de l'acier vers le trou du chio, prouve qu'elle a lieu dans les points du massé dégarni de scories et rapprochés du charbon; l'influence de la quantité du combustible employé, conduit à admettre la nécessité d'un chauffage plus prolongé, et celle de la qualité des charbons montre qu'en même temps la chaleur doit être plus intense pour donner de l'acier. C'est aussi ce qui résulte de l'effet produit par la plus grande hauteur des trompes, car, dans ce cas, elles donnent plus de vent, et la combustion doit être plus active.

Les observations que j'ai rapportées, parfaitement concordantes entr'elles, montrent donc que pour obtenir de l'acier naturel il faut prolonger et faciliter le contact du minerai avec le charbon, et augmenter la chaleur développée dans le fourneau. Ces résultats sont d'accord avec ceux qu'a exposés M. Combes (*Annales des mines*, t. IX, page 352): on voit d'ailleurs, *à priori*, d'après le rôle que joue la greillade, qu'il convient d'en diminuer la quantité si l'on veut fabriquer de l'acier.

La nature du minerai, ou plutôt la fusibilité des matières étrangères qu'il renferme, doit, d'après les remarques précédentes, avoir une grande influence sur la formation de l'acier naturel ou du fer. Ce fait important a été récemment mis hors

de doute par des expériences exécutées à la forge d'Orgeix, sous les yeux de M. François, et dont il a eu la complaisance de me communiquer les résultats; je ne donne que les principaux.

On a traité des minerais de fer oxidulé provenant de la vallée de Carol, compactes et très-réfractaires. Seuls, ils n'ont rendu qu'un peu plus de 25 pour 100; en ajoutant à la charge ordinaire, diminuée de 20 kilogrammes, pareil poids de fondant manganésien, le produit a dépassé 33 pour 100; mais, en outre, la moitié de l'excédant de produit a été du fer fort, et la consommation en charbon a été moindre. De semblables essais, exécutés sur les minerais de Rancié, ont donné des résultats encore plus prononcés. Le minerai traité sans addition rendait environ 30 pour 100; le fondant manganésien étant introduit comme ci-dessus, le produit n'a pas toujours subi une grande augmentation, mais on a obtenu un tiers et même moitié en fer fort, ou plutôt en acier.

Les conséquences à tirer de ces essais sont fort importantes; jusqu'à ces derniers temps, on avait considéré les causes que j'ai indiquées les premières, comme celles qui influent le plus sur la formation de l'acier, et surtout le chauffage plus actif et plus prolongé. Mais il me paraît maintenant établi, d'une manière incontestable, que c'est surtout la présence de l'oxide de manganèse qui facilite la carburation du fer, et que cette seule circonstance, à défaut des autres, suffit pour déterminer la formation de l'acier naturel.

Je suis assez porté à penser, avec la plupart des maîtres de forges, que les dimensions du creuset, et le placement de la tuyère, sont peu

importans, et qu'on peut les conserver tels que dans le travail ordinaire, toutefois les modifications que l'on y ferait, dans le sens des indications qui précèdent, ne pourraient être qu'avantageuses.

Dérangemens des fourneaux.

18. L'allure des fourneaux catalans est en général fort irrégulière. Les diminutions qu'éprouve la quantité des produits sont presque toujours attribuées, par les ouvriers, à la mauvaise qualité des matières premières; mais vraisemblablement cette cause est loin d'être la seule qui agisse. Je pense que la manipulation, ou, si l'on veut, la conduite de l'opération, doit exercer une grande influence; car lorsqu'après des essais le fondeur est parvenu à faire un bon travail, il continue à opérer de la même manière, malgré les changemens qui surviennent dans la nature des matières premières, et qui exigeraient des modifications dans la conduite du feu. Même avec des matériaux identiques, le foyer n'a pas toujours la même température, et sa marche n'est point uniforme.

Il doit donc arriver dans les fourneaux catalans, ce qui a lieu dans les feux d'affinerie, c'est que les chiffres des consommations et des produits éprouvent de fréquentes variations, parce que le succès de l'opération dépend en grande partie de l'intervention des fondeurs. Il est difficile d'éviter que cet inconvénient ne s'y montre bien plus que dans les fourneaux à cuve, où le fondage s'opère presque de lui-même; pour l'éviter, il faudrait que les ouvriers connussent à fond la théorie comme la pratique de l'opération, ou du moins qu'ils fussent constamment dirigés par des personnes réunissant ces deux conditions.

Explication des figures.

PLANCHE VIII.

Fig. 1. Plan général d'une forge catalane.

A, le hangard ou bâtiment de la forge proprement dite.
a, creuset ou foyer.
b, la trompe.
c, le mail ou gros marteau.
D, réservoir du marteau.
e, petit bassin du marteau.
F, F, canal de dérivation allant à la trompe.
g, la *péchère*, ou réservoir de la trompe, lequel se prolonge au-dessus de la caisse.
h, déversoir de trop plein.
K, canal de fuite de la trompe.
L, canal de fuite de la roue du marteau.
p, *p*, *p*, parsons.
X, emplacement qu'occupe au premier étage la chambre des ouvriers.
M, Magasin au charbon.
N, Magasin pour le minerai.
P, Bureau et logement du commis.

Fig. 2, 3, 4 et 5. Détails du creuset ou feu.

A, face de la rustine, dite *cave*.
B, face du contrevent, dite *ore*.
C, face du laiterol, ou la *main*.
D, Face de la varme ou de la tuyère.
S, sole en granite et en argile.
T, tuyère.
P, mur de soutènement, dit *pied du feu*.
q, *q*, *q*, pièces de fer dites *porges*, servant à garnir le feu.
R, R, pièce en fer dite *prie*, servant à appuyer les ringards, leviers et tenailles pour le travail.
Q, masse de fer servant à consolider la prie et la banquette.
t, *t*, banquette inclinée de 10° à 12°, pour retenir le charbon.
m, *m*, pièces verticales en fer, dites *porges de Laiterol*.
r, respalme servant à appuyer les leviers pour soulever le massé.

o, trou de chio.
V, l'aire du fourneau.

PLANCHE IX.

Fig 1 *et* 2. *Détails de la trompe.*

E, caisse ou trompe.
F F, origine ou pied des arbres.
G H, porte-vent.
K, homme ou sentinelle sur lequel on peut placer un manomètre.
L, L, arbres.
I, le *core* ou tampon.
m, *m*, planches formant l'étranguillon.
n, *n*, l'étranguillon.
p, *p*, aspirateurs.
q, *q*, soupiraux.
S, S, sole de la péchère ou réservoir de la trompe.
MM, tablier.
a, *b*, canon du bourrec.

Fig. 3, 4 *et* 5. *Détails de la martellerie.*

a, *a*, soucheries.
b, *b*, estoques reliant les soucheries.
c, *c*, sous-massets supportant la bogue, et assujettis aux soucheries et aux estoques par des coins et cales.
B, bogue ou bague.
T, *tacoul* en bois, ou mieux en fer, recevant le choc des cames.
M, mail ou marteau.
X Y, manche du mail.
P, prince.
C, C, couvertes des *casadoux* ou coussinets de l'arbre.
G, G, grille ou charpente reliant les soucheries et le prince.
E, enclume.
D, dame.
F, pierre de la dame.
L, L, l'arbre tournant armé de cames.
N, la roue dans son coursier.
Q, pièces de remplissage.
R, centre ou orifice qui donne l'eau à la roue.

NOTE

Sur la cristallisation et la composition de la Laumonite.

Par M. DUFRÉNOY, ingénieur en chef des mines.

M. T. G. Clemson a remis à la collection de l'École royale des mines un échantillon de Laumonite provenant de Phippsburg, dans l'état du Maine aux États-Unis; cet échantillon présente quelques cristaux nets et bien conservés que j'ai pu mesurer avec assez d'exactitude. La forme des cristaux est celle d'un prisme rhomboïdal oblique portant seulement un très petit biseau *x* en retour de la base. L'angle du prisme est de 95° 25′ : cette mesure s'éloigne de plusieurs degrés de l'angle de 98° 12′ donné par M. Haüy comme caractéristique de la laumonite, ainsi que de l'angle de 92° 30′ adopté par M. Beudant pour la forme primitive de cette substance.

La différence considérable qui existe entre les angles adoptés par les deux auteurs que je viens de citer, et la mesure que j'ai obtenue sur la Laumonite des États-Unis, m'ont engagé à étudier avec soin la cristallisation de cette substance, pour m'assurer si on n'a pas réuni sous le même nom plusieurs espèces minérales différentes, ou si le vague qui règne sur la cristallisation de la Laumonite n'est pas dû à la difficulté d'obtenir des mesures exactes; difficulté qui résulte de la décompo-

sition que cette substance éprouve lorsqu'elle a été quelque temps exposée à l'action de l'air. Je me suis procuré des échantillons très bien conservés de la Laumonite de Bretagne, et M. Brongniart a eu la complaisance de me prêter un échantillon de Laumonite de Cormayeur, faisant partie de la collection de minéralogie du Jardin du Roi. Cette dernière qui forme un petit filon dans le gneiss talqueux du groupe du Mont-Blanc, ne tombe pas en efflorescence comme celle de Bretagne, elle éprouve néanmoins une certaine altération et devient friable entre les doigts.

Le tableau comparatif des angles que m'ont donnés ces différentes Laumonites prouvera ainsi que leur composition qu'elles appartiennent à une même espèce. J'aurais désiré, pour rendre ce travail plus complet, avoir des cristaux de laumonite du Saint-Gothard qui accompagnent la chaux phosphatée; je n'ai pu m'en procurer d'assez nets pour les mesurer.

Angles dièdres mesurés.

	Laumonite de Huelgoat.	Des États-Unis.	De Cormayeur.
M sur M.	95° 30′	95° 25′	95° 20′
M sur M en retour. .	84 30	»	84 33 (1)
P sur M.	114 54	114 45	115 5
P sur M opposé. . .	65 6	»	»
P sur *x*.	123 42	124	»
P sur z.	88 21 (le calcul donne 87 50)		

(1) Cet angle devrait être de 84°40′ pour s'accorder avec la valeur de M sur M, qui est de 95°20′. J'ai indiqué à dessein la mesure obtenue par le goniomètre, parce qu'elle est presque identique avec l'angle semblable dans la laumonite de Huelgoat.

M sur x 105° 42′ (le calcul donne 105° 30′)
M sur l 132 15
M en retour sur r 135 30
X sur z 144
X sur r 150
r sur r 139°7′20″ (cet angle est calculé.)

Angles plans obtenus par le calcul.

De la diagonale A O sur l'arête M M. . . .		124° 44′ 30″
Angles, plans de la base.	84°19′20″	95 40 40
Angles, plans de faces verticales.	114 56 15	65 3 45

Il résulte de la comparaison de ces différens angles que la forme primitive de la Laumonite est un prisme rhomboïdal oblique sous l'angle de 95° 30′, dont la base est inclinée de 114° 54′ sur les faces verticales du prisme.

En calculant les dimensions de la forme primitive au moyen de la face z, placée sur l'angle O et dont la trace sur P est parallèle à la diagonale EE, on trouve que le côté C est à la hauteur H à peu près dans le rapport des nombres 13 et 18. Les faces z, x, r et l sont alors exprimées par les formules

$$\overset{1}{\underset{z}{A}};\ \overset{2}{\underset{x}{A}};\ \overset{1}{\underset{r}{C}};\ \overset{c}{\underset{l}{'G'}}:$$

La laumonite possède trois clivages, deux suivant les faces du prisme et le troisième parallèle à un plan passant par les petites diagonales; ces clivages, très faciles dans les échantillons récemment extraits de leur gîte, s'obtiennent par la simple pression dans les cristaux qui ont subi la plus légère altération.

La pesanteur spécifique est pour la laumonite de:

Huelgoat.	2,345
Etats-Unis.	2,410
Cormayeur	2,330

La laumonite est très peu dure, elle ne raye pas la chaux carbonatée; elle devient friable par le contact de l'air. Fusible au chalumeau en un verre bulleux, elle est soluble dans l'acide sulfurique.

Composition de la laumonite. J'ai fait deux analyses de la laumonite de Cormayeur et de celle des États-Unis; dans la première, 2gr.,50 ont été fondus avec la potasse caustique dans un creuset d'argent, et dans la seconde. j'ai traité 2gr.,50 par l'acide sulfurique concentré. J'ai séparé la silice, l'alumine et la chaux par les procédés ordinaires: l'eau a été dosée par le chlorure de calcium.

La moyenne de ces deux analyses a donné pour la composition de la laumonite des États-Unis :

		oxigène.	rapp. approxim.
Silice	51,98	26,147	8
Alumine . . .	21,12	9,865	3
Chaux	11,71	3,289	1
Eau.	15,05	13,384	4
	99,86		

Pour celle de la laumonite de Cormayeur :

		oxigène.	rapp. approxim.
Silice.	50,38	25,341	8
Alumine . . .	21,43	10,009	3
Chaux	11,14	3,125	1
Eau	16,15	14,363	4
	99,10		

Le rapport entre les quantités d'oxigène des différens élémens est tel que l'oxigène de l'acide est double de l'oxigène des bases et de l'oxigène de

l'eau. Ces rapports, très exacts pour la laumonite des États-Unis, ne sont qu'approximatifs pour celle de Cormayeur, ils correspondent aux proportions obtenues par M. le professeur Gmelin dans l'analyse de la laumonite d'Huelgoat.

Ces différentes analyses conduisent à représenter la composition de la laumonite par les formules suivantes :



ou



La laumonite des États-Unis forme un petit filon dans du gneiss. Elle est accompagnée de cristaux de quartz et de chaux carbonatée grenue.

Détermination des dimensions de la forme primitive et des lois de dérivation des faces secondaires.

On fait assez généralement usage pour les calculs cristallographiques de méthodes qui varient avec le système cristallin de la substance que l'on examine, et souvent même avec la valeur des angles. L'emploi de la trigonométrie sphérique a le grand avantage de s'appliquer avec la même facilité à tous les cristaux, quelles que soient leurs formes ; cette méthode étant peu usitée, j'ai pensé qu'il serait utile d'en donner quelques exemples. Cette considération m'a engagé à joindre à la description de la laumonite les calculs dont je me suis servi pour déterminer les différens élémens de la forme primitive de cette substance, ainsi

que les lois qui régissent les faces secondaires que j'ai observées.

Forme primitive.

Les faces *z* et *x* ne se représentant pas sur l'angle A, il en résulte necessairement que les angles A et O de la forme primitive sont différens, et par suite que la base P est inclinée sur les faces verticales M, M; la symétrie des facettes *r* et *r* nous apprend en outre que les côtés de la base de la forme primitive sont égaux, et que c'est un prisme rhomboïdal oblique, analogue à la forme du pyroxène.

Les clivages faciles suivant les faces verticales du prisme, et la disposition générale des cristaux conduisent à regarder les faces M, M et P, comme représentant la forme primitive; pour connaître exactement cette forme, il faut en outre déterminer ses angles plans et les longueurs relatives de ses côtés.

Pour déterminer les angles plans, j'observe que l'on peut considérer le point O (*fig.* 9) comme le centre d'un triangle sphérique isocèle formé par les plans P, M et M, dans lequel

$$A = M \text{ sur } M = 95°30'$$
$$B = C = P \text{ sur } M = 114°54'$$

Angles plans de la forme primitive.

Les angles plans seront représentés par les côtés *a* et *b* de ce triangle sphérique, et ils seront donnés par les deux formules :

$$\cos.\tfrac{1}{2}a = \frac{R.\cos.\tfrac{1}{2}A}{\sin.B} \qquad \cos.b = \frac{\cot.B.\cot.\tfrac{1}{2}A}{R}$$

L. R. cos. $\tfrac{1}{2}$ A = 19.8276063	L. cot. B = 9.6666907
L. sin. B = 9.9576284	L. cot. $\tfrac{1}{2}$ A = 9.9582465
D'où log. cos. $\tfrac{1}{2}$ a = 9.8699779	19.6249372
Et $\tfrac{1}{2}$ a = 42° 9′40″	Log. R = 10
a = = 84°19′20″	L. cos. b = 9.6249372
	D'où b = 114°56′15″

Les angles plans de la base sont donc 84°19′20″ et 95°40′49″
Les angles plans des faces verticales sont 114°56′15″ et 65°30′15″.

Pour calculer le rapport des côtés, il est nécessaire de connaître une modification, soit sur les angles, soit sur le côté de la forme primitive. Prenons pour cette détermination la face *z* placée sur l'angle A, et dont l'intersection avec P est parallèle à la diagonale EE. Calcul du rapport des côtés.

P sur *z* = 87°50′.

Si on mène un plan diagonal AO AO′, il coupera les faces P et *z* perpendiculairement à l'intersection de ces deux plans; les lignes O*c* et *cb* (*fig.* 10) mesureront l'angle de P sur *z*, prolongeant O*c* jusqu'en A. Dans le triangle A*bc*, A*b* est parallèle à la hauteur, et A*c* est une certaine longueur de la diagonale OA. Et comme dans le triangle A*cd* (*fig.* 12), $Ac = \frac{Ad \times \text{sin. E}}{R}$, il en résulte que si les angles du triangle A*bc* étaient connus, on aurait une relation entre la hauteur A*b* et le côté AE, au moyen de laquelle on pourrait, en se donnant un de ces élémens de la forme primitive, déterminer l'autre.

Pour connaître complétement le triangle A*bc*, il faut avoir la valeur de l'angle A, formé par la diagonale AO et la ligne d'intersection des faces M et M. Pour l'obtenir, je remarquerai d'abord que le plan diagonal AO A′O′ est perpendiculaire à la face P; on peut donc construire un triangle sphérique rectangle composé des plans M, P et du plan diagonal D, soit ABφ (*fig.* 9) ce triangle, dans lequel les trois angles sont :

en disant que la face z est produite par le décroissement d'une rangée en hauteur sur une rangée en largeur; et x par $\frac{1}{2}$ rangée en hauteur sur une en largeur, ou 1 rangée en hauteur sur 2 en largeur : ce qu'il représente par les formules :

$$\overset{1}{\underset{1}{A}};\ \overset{2}{\underset{1}{A}}.$$

Si au lieu de rapporter ces faces à un prisme, on les comparait avec les trois axes d'un octaèdre dont les axes seraient a, b, c,

La face z serait représentée par $a\ :\ \infty\, b\ :\ c$.
La face x serait représentée par $a\ :\ \infty\, b\ :\ \frac{1}{2}\, c$.

Faces placées sur les arêtes de la base. On calcule par une méthode semblable la loi qui donne les faces r placées sur les arêtes AE de la base; il suffit de chercher le point où ces faces coupent la hauteur; supposons que mn, $m'n'$ (*fig.* 11) représente la face r, placé sur l'un des côtés, et menons le plan abc perpendiculairement à l'intersection de r sur P. L'angle de M sur r étant de 135° 30′, les angles du triangle abc seront

$$a = \text{P sur M} = 65°6'$$
$$b = \text{suppl. de M sur } r = 44°30'$$
$$c = \text{P sur } r = 70°24'.$$

Dans ce triangle, la ligne ab représentera la hauteur cherchée, et l'on aura

$$a\,b = \frac{a\,c \sin.\ c}{\sin.\ b}$$

Mais dans cette expression, ac est l'apothême; on aura sa valeur en fonction du côté au moyen du triangle Apn, dans lequel $Ap = ac$, qui donne

$$Ap = \frac{A\,n \sin.\ n}{R}.$$

L'angle $n = E = 95° 40' 40''$. Quant à An, on peut le supposer égal au côté de la base, dont la longueur est 1,349. ab devient alors

$$ab = \frac{1{,}349 \times \sin.\ 95°40'40'' \times \sin.\ 70°24'}{R \sin.\ 44°30'}$$

Log. 1,349	=	0.1300292
L. sin. 84°19'20"	=	9.9978641
Log. sin. 70 24	=	9.9740774
		20.1019707
L. R sin. 44 30	=	19.8456618
		0.2563089 = Log. 1,805

D'où $ab = 1{,}805$, valeur presque identique avec celle de H; il en résulte que pour une longueur égale au côté d'une molécule, la hauteur correspondante sera celle d'une molécule; si donc on supposait avec M. Haüy que les faces secondaires sont formées par des lames placées en retrait les unes sur les autres, il résulterait de la valeur de ab que chaque lame devrait présenter une rangée de molécules de moins; il y aurait donc un décroissement d'une rangée en hauteur sur une rangée en largeur, ce qu'il exprime par la formule $\overset{1}{C}$. En rapportant cette face aux axes a, b, c, elle serait représentée par le rapport $a : b : \frac{1}{2} c$; car elle passe par les angles A et E, où les axes a et b aboutissent, et elle coupe l'axe c (*fig.* 13), qui passe par le centre du cristal à une distance $st = \frac{1}{2} df = \frac{1}{2}$ H.

Face l parallèle à l'axe.

Il reste enfin à trouver la relation qui donne la face verticale l : laquelle fait avec la face M un angle de 132° 15'; il résulte de cette valeur que les côtés Et et Es sont égaux (*fig.* 11) et que la face l est

parallèle au plan diagonal AO A'O'. On obtiendra donc cette face par un décroissement par une rangée placée soit sur M, soit sur la face en retour, circonstance que l'on exprime par le signe 'G'. Cette face passant par l'angle E, et étant parallèle au plan diagonal, coupera l'axe *b* à son extrémité et ne rencontrera pas les axes *a* et *c*; elle sera représentée dans ce cas par l'expression

$$\infty a : b : \infty c.$$

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Sur M. BEAUNIER, inspecteur général des mines.

Par M. DE BONNARD.

Louis-Antoine BEAUNIER, inspecteur général au corps royal des mines, maître des requêtes au conseil d'état, officier de la Légion-d'Honneur, était né à Melun, le 15 janvier 1779. Son père, fils d'un notaire de cette ville, n'ayant pas suivi la carrière paternelle, s'était livré avec succès à la culture des lettres, et voulait diriger lui-même l'éducation de ses deux fils; mais, porté en 1791 aux premières places de l'administration départementale par la confiance de ses concitoyens, il fut proscrit peu de temps après, et obligé de se cacher à Paris. Quelques amis lui firent obtenir, du comité de salut public, une de ces *mises en réquisition*, par lesquelles un assez grand nombre de personnes furent placées à l'abri d'une partie au moins des effets du régime de la terreur. Les jeunes Beaunier étudièrent le dessin et la peinture dans l'atelier de Regnault, et l'un d'eux a suivi avec distinction la carrière des arts. M. Beaunier père fut attaché successivement à diverses administrations; il a été depuis, pendant assez long-temps, chef de bureau au ministère de l'intérieur, et ensuite chef de division à la direction générale des

ponts et chaussées. Plusieurs productions littéraires l'ont fait connaître d'une manière avantageuse.

Deux arrêtés du comité de salut public, des 13 et 18 messidor an II (juillet 1794), ayant institué une *Agence des mines*, sous les ordres de laquelle devaient être placés 8 *inspecteurs*, 12 *ingénieurs* et 40 *élèves*, Louis-Antoine Beaunier, alors âgé de 16 ans, se présenta aux examens ouverts en exécution de ces arrêtés, et il fut reçu élève des mines le 19 ventôse an III (9 mars 1795). Peu après, la loi du 30 vendémiaire an IV ayant ordonné que le nombre des élèves des mines serait réduit à vingt, par un concours entre tous les élèves précédemment admis, il fut l'un des élèves conservés.

Dans l'intervalle des époques des cours de l'École des mines, M. Beaunier parcourut en 1795 les Pyrénées et le Languedoc, avec MM. Picot-la-Peyrouse et Duhamel, et en 1797 les Alpes italiennes et dauphinoises, sous la conduite de Dolomieu. En octobre 1798, n'ayant pas encore vingt ans, il fut nommé, au concours, ingénieur des mines, et pendant dix-huit mois il fut employé au laboratoire de l'École des mines sous les ordres de Vauquelin, et chargé de coopérer aux examens des élèves sur la chimie et la métallurgie. Il fit à cette époque, avec M. Cordier, de nombreuses expériences, sur les divers minerais de manganèse français, dont les résultats sont consignés dans le tome X du *Journal des mines*.

En 1800, M. Beaunier visita, par autorisation du ministre, mais à ses frais, les montagnes et les mines de l'Auvergne et du Lyonnais. En 1801, il séjourna, pendant plusieurs mois, avec M. de Gallois, sur les mines de plomb de Poullaouen et

d'Huelgoat. Au retour, les voyageurs se partagèrent la rédaction de leurs observations communes. M. Beaunier se chargea des parties qui avaient rapport à la préparation mécanique des minerais et à leur traitement métallurgique, ainsi qu'à des expériences sur les trompes, et à d'autres expériences sur l'appréciation de la température dans les fourneaux, aux principales époques des opérations. Ses mémoires sur ces divers sujets ont été publiés dans le *Journal des mines*, t. XII et XVI. Les manuscrits des rédactions de M. de Gallois ont été malheureusement perdus.

C'est après sept années ainsi employées en voyages et travaux théoriques et pratiques, aussi instructifs que variés, qu'en 1802, époque à laquelle les ingénieurs des mines furent, pour la première fois, placés à poste fixe dans les diverses parties de la France, M. Beaunier fut chargé du service d'un arrondissement, composé des départemens des Ardennes, des Forêts, de la Meuse, de la Marne et de Seine-et-Marne. Atteint par une maladie grave, au milieu de sa première tournée, il ne put reprendre son service que l'année suivante, et son mérite fut si promptement apprécié par les administrateurs avec lesquels ce service le mettait le plus en relation, que dès 1804, les préfets des Forêts et des Ardennes demandèrent avec instance au ministre de l'intérieur à être seuls chargés de contribuer au traitement de l'ingénieur des mines (1), pour toute la somme qui avait été

(1) De 1802 à 1810, une partie des appointemens des ingénieurs des mines était payée par les départemens qui composaient les arrondissemens de ces ingénieurs

mise à la charge des cinq départemens, afin que l'arrondissement de M. Beaunier pût être réduit à leurs deux départemens, auxquels sa présence continuelle et l'emploi de tout son temps seraient d'une très grande utilité. Dès lors en effet, l'activité, le zèle et la conduite du jeune ingénieur, ainsi que l'étendue de ses connaissances et les résultats de ses travaux sur la statistique minérale, étaient l'objet des éloges de l'administration centrale et des préfets. Le tome XVI du *Journal des mines* contient un rapport qu'il a rédigé en 1803, sur l'ancienne mine de cuivre de *Stolzenbourg*.

La circonstance remarquable que présente le début de la carrière d'ingénieur de M. Beaunier, s'est fréquemment renouvelée pendant le cours de cette carrière : partout où un administrateur avait appris à le connaître, il voulait l'attacher à son département, l'y conserver ou l'y faire revenir.

En 1805, sur la demande du préfet de la Moselle et du conseil général de ce département, l'arrondissement de M. Beaunier fut formé par les départemens de la Moselle et des Forêts, et sa résidence fut fixée à Metz. Ce changement lui procurait la double satisfaction d'être placé près d'un préfet (M. de Vaublanc), compatriote et ancien ami de sa famille, et d'un ingénieur en chef (M. Duhamel), qui avait été le guide de ses premières courses minéralogiques, et pour lequel il avait conservé un sincère attachement.

La régularisation difficile des exploitations de minières de fer de Saint-Pancré et d'Aumetz, commencée par les soins de M. Héron de Villefosse, son prédécesseur, fut l'un des principaux objets des travaux de M. Beaunier dans le département

de la Moselle : l'*Atlas* de Saint-Pancré, qu'il dressa alors, a rendu facile l'exécution de toutes les mesures administratives concernant les gîtes de ces minerais, précieux pour les forges du pays, et dont l'exploitation avait eu lieu, pendant long-temps, avec beaucoup de désordre.

A cette époque on discutait au conseil d'état les bases d'un projet de loi sur les mines. Napoléon, qui appréciait les difficultés de cette législation exceptionnelle, interrogea assez longuement, en passant à Metz, en 1806, l'ingénieur des mines qui lui fut présenté, et il parut frappé de la justesse et de la lucidité de ses réponses.

Des discussions et des réclamations, nombreuses et compliquées, s'étant élevées dans le département du Gard, relativement à l'exploitation des mines de houille des environs d'Alais, un décret impérial, du 18 septembre 1807, ordonna l'envoi extraordinaire d'un ingénieur sur les lieux, à l'effet d'examiner tous les titres et toutes les prétentions qui se trouvaient en conflit, et de proposer, tant pour les anciennes concessions, que pour des concessions nouvelles, les limites et les conditions les plus convenables. M. Beaunier fut chargé de cette mission importante. Le rapport très développé qu'il rédigea en 1808 lui mérita des éloges unanimes, et ses propositions furent adopptées par le préfet, par l'administration des mines et par le ministre de l'intérieur, pour être soumises au gouvernement.

Le préfet du Gard sollicitait vivement alors, près du ministre de l'intérieur, une disposition qui fixât M. Beaunier dans ce département; offrant pour contribuer à son traitement, sur le vote du conseil-général, une allocation annuelle de 2400

francs; mais le retour de l'ingénieur était aussi vivement réclamé par les préfets des Forêts et de la Moselle : il revint dans son arrondissement, à la fin de 1808.

Un décret du 13 septembre 1808 ayant prescrit la division en soixante concessions des terrains houillers des environs de Sarrebrück, qui jusqu'alors avaient été exploités exclusivement par des fermiers du domaine de l'état, l'administration chargea, en 1809, MM. Beaunier et Calmelet, sous la direction de M. Duhamel, des opérations préliminaires à cette division. Il fallait acquérir une connaissance complète du sol à diviser et des couches de houille qu'il renferme, en coordonnant le lever géométrique et le nivellement général de tous les indices de houille épars sur le sol, avec le lever et le nivellement de tous les travaux des mines. Ce travail considérable, le premier de ce genre qu'on ait fait en France, fut exécuté par les ingénieurs avec un soin et un talent remarquables, pendant l'été de 1809 et le commencement de l'hiver suivant.

Mais déjà la confiance de l'administration supérieure rappelait M. Beaunier dans le midi de la France. Plusieurs concessions de mines importantes de houille-lignite venaient d'être accordées dans le département des Bouches-du-Rhône. Dans le Gard, un décret du 12 novembre 1809, modifiant d'une manière notable les propositions du ministre, avait régularisé seulement trois concessions, et laissait encore beaucoup à faire pour l'institution de quatre concessions voisines. De nouvelles instances du préfet obtinrent que M. Beaunier vînt reprendre sur de nouvelles bases et compléter son précédent travail. On le

chargea en même temps de déterminer les ouvrages d'art auxquels les concessionnaires des mines des départemens du Gard et des Bouches-du-Rhône devaient être assujettis, et d'en diriger l'exécution.

M. Beaunier ne partit pour cette nouvelle mission, qu'après avoir reçu la récompense due à ses travaux précédens : nommé ingénieur en chef le 29 juin 1810, son arrondissement fut formé de huit départemens, au nombre desquels furent compris les Bouches-du-Rhône et le Gard.

L'examen d'un objet important lui était recommandé par le ministre de l'intérieur, comme *confidentiel* : le prix de la houille venait de s'élever, sur le marché de Marseille, dans une assez forte proportion, et quelques consommateurs réclamaient, à ce sujet, contre le système des concessions, qu'on venait d'appliquer au département, accusant en même temps les concessionnaires et même l'administration d'une connivence coupable. M. Beaunier prouva, dans ses rapports, que la hausse dont on se plaignait n'était due qu'à des causes naturelles, principalement à l'accroissement considérable et subit que l'érection d'un grand nombre de fabriques de soude avait produit dans la consommation de la houille, et que les concessionnaires de mines ne profitaient de cette hausse de prix que dans une bien faible proportion.

Le lever des plans souterrains de toutes les mines de houilles des Bouches-du-Rhône, et le nivellement général de tous les terrains concédés furent prescrits en mars 1811, par le ministre de l'intérieur, sur les propositions de M. Beaunier. Au mois de juin suivant, un nouveau rapport,

concernant les mines de houille du Gard, termina l'instruction locale qu'avait exigée l'exécution du décret du 12 novembre 1809, et dont la préparation avait été confiée à M. l'ingénieur Guenyveau.

Peu de mois après, M. Beaunier perdit son père. Se trouvant à Paris à l'occasion de ce douloureux événement, en mars 1812, il fut précipitamment envoyé à Liége avec M. Cordier, inspecteur divisionnaire, pour y faire une enquête sur les causes des événemens désastreux dont les mines de Liége étaient alors le théâtre.

Cette mission dura trois mois et fut très laborieuse : indépendamment du procès-verbal de l'enquête relative à la mine de *Beaujonc*, le *comité*, institué à Liége par un arrêté du ministre, et composé de MM. Cordier, Beaunier, Mathieu, Blavier, et Migneron secrétaire, dut proposer les mesures d'urgence à appliquer à chacune des mines de houille du département de l'Ourthe, qui offraient des causes immédiates ou prochaines de danger, ainsi que les développemens dont les règlemens de police relatifs aux mines lui paraissaient susceptibles; il dut enfin présenter ses vues, sur les moyens de coordonner les dispositions législatives et le régime administratif des mines de France avec les anciens usages et règlemens du pays de Liége, à l'effet de ménager, s'il était possible, un avenir exempt de nouvelles catastrophes aux deux cents exploitations de houille de la contrée. Cette dernière partie du travail fut plus spécialement l'ouvrage de M. Beaunier.

Les circonstances déplorables qui avaient occasioné l'institution du comité de Liége, et les rapports de ce comité contribuèrent à faire sentir, d'une manière plus frappante, les dangers que l'on

courait, en étendant le droit *d'user et d'abuser* à la jouissance des mines concédées, et la nécessité de la haute surveillance exercée par le gouvernement sur les exploitations de mines, dans l'intérêt de l'ordre public. Lors de leur retour, MM. Cordier et Beaunier furent chargés, avec M. Lefebvre d'Hellencourt, inspecteur général, de préparer un projet de règlement général de police souterraine, projet qui a servi de base au décret du 3 janvier 1813 sur cet objet.

Le préfet du département de l'Ourthe avait écrit au directeur général des mines, pour le prier de fixer M. Beaunier à Liége, comme ingénieur en chef. M. Beaunier réclama contre cette démarche, faite à son insu : il revint à Paris, et ce fut pour être presque aussitôt chargé d'un autre travail extraordinaire.

Les mines de houille du département de la Loire, que leur richesse et leur position, au centre de la France et dans un territoire appuyé à deux grands fleuves, peuvent faire considérer comme les mines les plus importantes du royaume, étaient depuis long-temps le théâtre d'extractions désordonnées, par suite d'anciennes coutumes locales, dont une législation incertaine n'avait pu combattre les effets. La loi du 21 avril 1810 sur les mines, et l'affermissement général de l'ordre en France, permettant à l'administration de chercher à régulariser l'exploitation de cette source précieuse de richesse publique, on reconnut qu'il était nécessaire de commencer par définir exactement l'objet sur lequel on voulait agir, ainsi qu'on l'avait fait en 1809 pour le bassin houiller de Sarrebrück. Mais, dans le département de la Loire, le travail était plus compliqué,

en raison de la variété de gisement que présentent dans ce bassin divers systèmes ou groupes de couches de houille, ainsi que de la grande quantité de fouilles et d'exploitations, entreprises depuis long-temps sur ces couches, et n'ayant entr'elles aucune coordination. La direction de cette *Topographie extérieure et souterraine* du territoire houiller de Saint-Etienne et de Rive-de-Gier fut confiée à M. Beaunier, auquel M. Guenyveau, alors ingénieur du département de la Loire, et MM. Chéron, Gabé, Dubosc et de Gargan, aspirans, furent adjoints comme collaborateurs. Les difficultés, que la résistance de plusieurs exploitans de mines semblait d'abord opposer, furent bientôt levées par l'active intervention de M. Beaunier, et les opérations s'exécutèrent pendant la fin de 1812 et le commencement de 1813. Leurs résultats, comprenant les plans d'une étendue superficielle de près de 26 mille hectares, le nivellement de lignes de plus de 200 kilomètres de développement, le tracé des affleuremens des nombreuses couches de houille et celui de l'intersection de toutes ces couches avec un plan horizontal donné, la position de toutes les ouvertures des mines en activité et des mines abandonnées, les plans intérieurs de 67 mines, l'annotation des anciens déhouillemens et des circonstances les plus remarquables de l'exploitation, l'indication des moyens d'écoulement naturel des eaux dans les diverses localités, etc., sont consignés dans un atlas de 46 grandes feuilles, un registre de nivellement et un volume de texte, qui contient un aperçu géologique de la contrée, la description des mines de houille, des observations générales sur la richesse, les débouchés, l'administration de ces mines, et des vues d'amélio-

ration. Ce beau travail peut servir de modèle à tous les travaux du même genre ; un extrait du texte a été inséré en 1816 dans le tome Ier des *Annales des mines*, avec la carte d'assemblage des feuilles de l'atlas.

Cette mission n'avait pas empêché M. Beaunier de rester chargé en chef du service dans l'arrondissement dont Nîmes était le chef-lieu, et dans lequel il fut même obligé de faire une tournée pendant le cours des opérations de Saint-Etienne. Ces dernières n'étaient pas encore complétement terminées, lorsqu'il fut nommé, en février 1813, directeur de l'école pratique de Geislautern, en remplacement de M. Duhamel, appelé à Paris comme inspecteur général.

Un arrêté des consuls du 23 pluviôse an X (13 février 1802) avait ordonné l'institution de deux écoles pratiques des mines, à Geislautern, département de la Sarre, et à Pesey, département du Mont-Blanc; mais, par suite de l'insuffisance des fonds, on n'avait pu organiser qu'à Pesey un établissement d'instruction. A Geislautern *l'école* n'était qu'en projet, et l'établissement consistait en une grande usine à fer et une mine de houille, dirigées au compte de l'administration des mines. Cette *direction* ouvrit à l'esprit de M. Beaunier une nouvelle carrière, en développant la faculté d'application pratique dont il était éminemment doué. Tout ce qui pouvait perfectionner les procédés ou accroître les produits de Geislautern fut l'objet de ses investigations empressées, et l'administration économique et la comptabilité d'une usine lui devinrent promptement aussi familières que les détails techniques. Les événemens politiques, qui bientôt après enlevèrent à la France le

pays de Sarrebrück, ne permirent pas le développement de ses vues; mais, dès les premiers mois de sa gestion, avant la fin de 1813, ilétait parvenu à faire fabriquer à Geislautern de l'acier fondu, supérieur en qualité aux aciers de Liége, et d'un prix moins élevé.

Dans l'hiver de 1813 à 1814, lorsque toute la contrée environnante était en proie aux ravages du *Typhus*, les soins actifs et éclairés de M. Beaunier préservèrent Geislautern de la contagion. On venait, de tous les villages voisins, s'adresser à lui, pour avoir les matériaux et les procédés des fumigations de Chlore, auxquelles il semblait impossible de ne pas attribuer une exception aussi frappante à la calamité générale.

Réfugié et enfermé à Metz pendant l'invasion de 1814, M. Beaunier retourna à Geislautern lors de la paix, pour être obligé de fuir de nouveau en juin 1815. Cette fois, ce ne fut pas sans courir des dangers personnels, et il dut ensuite employer autant d'adresse que de courage, pour sauver le matériel, les produits et les pièces de comptabilité de l'établissement qui lui était confié. Profondément affligé des maux de son pays, auquel il voyait d'ailleurs avec un chagrin particulier que les belles mines et usines des environs de Sarrebrück allaient devenir étrangères, il était péniblement affecté aussi du renversement de sa position: « Me voici, » écrivait-il à un ami, « chassé d'un » lieu auquel deux ans de douleur m'avaient fortement attaché, et je vois en un instant s'écrouler tout l'échafaudage de petite gloire et de » bien-être que j'avais élevé pour l'avenir, non » sans de grands labeurs..... Mais, grand Dieu, » que mes peines personnelles sont peu de chose,

» auprès des sentimens que les maux de la patrie » me font éprouver! »

Elevé à la première classe de son grade le 1er janvier 1816, M. Beaunier fut chargé d'un arrondissement, comprenant les départemens de la Nièvre, du Cher, de l'Allier et de Saône-et-Loire. On lui confia, de plus, le service du département de la Loire, conjointement avec M. de Gallois, en réunissant à Saint-Etienne ces deux ingénieurs en chef, comme *commission temporaire*, pour le service des mines de ce département, et principalement pour l'application du régime légal des concessions à des exploitations aussi irrégulières que nombreuses. Le travail topographique, exécuté par M. Beaunier en 1812, établissait les bases sur lesquelles cette régularisation devait être appuyée; mais l'opération administrative était encore hérissée de difficultés: d'un côté, l'ancienneté des usages locaux, qui subordonnaient entièrement dans ce pays l'exploitation des mines à la propriété du sol, et les habitudes invétérées, même les droits réels qui en résultaient; la multiplicité des intérêts et des prétentions qui, à l'annonce d'un changement, s'élevaient et se croisaient dans tous les sens; enfin des préventions presque hostiles contre toute intervention de l'administration des mines; de l'autre côté, la rigueur des principes posés par les lois, et la nécessité, que la nature des choses impose d'ailleurs, de régler l'exploitation des mines dans un but d'utilité générale, rendaient ces difficultés presque inextricables. L'aménité du caractère de M. Beaunier, les formes conciliantes de son esprit, la confiance qu'il sut inspirer aux exploitans et aux propriétaires de sol, contribuè-

rent peut-être plus que toute autre chose à obtenir, sinon la fusion complète d'intérêts si différens, au moins la réunion des principaux intéressés en groupes tellement formés, qu'il fût possible de les coordonner avec les divisions tracées par l'administration, d'après la disposition des gîtes de houille. Ce sont aussi les longs efforts de M. Beaunier, ses instantes sollicitations, et l'enchaînement convaincant des faits, des raisonnemens, des considérations qu'il a développés dans ses rapports, qui ont amené l'administration à se départir des règles sévères qu'elle s'était imposées jusqu'alors, comme principes des concessions de mines, et à admettre, pour le règlement des droits des propriétaires du sol, et pour la coordination des intérêts des propriétaires et des exploitans, des dispositions spéciales, sans l'adoption desquelles il eût été probablement impossible d'obtenir la régularisation des mines de houille de la Loire.

C'est ainsi qu'on a pu instituer dans l'arrondissement de Saint-Etienne 56 concessions de mines de houille; c'est ainsi que les possessions, les jouissances, toujours contestées jusqu'alors ou contestables à chaque instant, pour les mines comme pour les droits de tréfonds, étant devenues des propriétés légales, ont acquis sur-le-champ des valeurs incomparablement plus grandes, et que cette contrée a pu voir se développer sans obstacle la richesse minérale dont elle a été dotée par la nature.

Ces opérations, auxquelles ont pris part successivement MM. les ingénieurs DesRoches, Burdin, Thibaud et Delsériès, ont duré plusieurs années; mais d'autres objets d'une grande importance occupaient en même temps M. Beaunier. Dès le com-

mencement de 1816, il avait appelé l'attention de l'administration supérieure sur les graves inconvéniens qui provenaient, dans les mines de France, de l'ignorance générale des *maîtres mineurs*, en ce qui concerne les premiers principes de la géométrie et de l'art des mines, ce qui rendait le plus souvent inefficaces les visites des exploitations par les ingénieurs, et les conseils donnés par eux à des hommes qui ne pouvaient ni les comprendre ni les suivre. Il faisait voir que la création d'une école élémentaire, destinée à former des chefs d'atelier et même des directeurs d'exploitation, était nécessaire, pour que les ingénieurs des mines pussent être utiles et les exploitations améliorées; il proposait d'établir cette école avec l'unique secours des fonds sauvés à l'école de Geislautern, et de la placer à Saint-Etienne, comme dans la localité où elle pouvait réunir le plus de moyens d'instruction pratique, et être le plus immédiatement profitable. La justesse de ces vues frappa l'administration : l'*École des mineurs* fut instituée, par une ordonnance royale du 2 août 1816, conformément au plan proposé par M. Beaunier; le 19 du même mois il en fut nommé directeur. Il sut faire marcher de front l'organisation d'un établissement, dans lequel il fallait tout créer, et le professorat qu'il y exerça pendant plusieurs années, avec les travaux administratifs difficiles qu'il dirigeait seul pendant le long voyage en Angleterre de M. de Gallois; et non-seulement ses prévisions relatives à l'école ont été promptement justifiées par le succès, mais ce succès a été tel, qu'il a fallu, en peu d'années, donner un développement de plus en plus considérable, à une institution dont l'heureuse influence s'est fait sentir de plus en plus

dans les mines de toutes les parties de la France, et qui, aujourd'hui, fait participer constamment 120 élèves (dont 80 élèves ouvriers), à deux degrés différens d'instruction.

M. Beaunier voulut en outre profiter de son séjour dans un pays aussi fécond en ressources pour l'industrie minéralurgique, en créant des entreprises industrielles qui fussent utiles à son pays. Dès 1817 il chercha à introduire dans la fabrication des aciers français un perfectionnement depuis long-temps désiré, en faisant raffiner à la houille, par les méthodes allemandes, les produits des aciéries de Rives, et en donnant à ces aciers raffinés les diverses qualités que réclament les usages divers auxquels ils sont destinés. Ayant obtenu, de M. le directeur général, l'autorisation de diriger à cet effet une entreprise particulière, il fit établir à *La Bérardière*, près Saint-Etienne, par un capitaliste avec lequel il était lié, une usine, qui, dès la première année, livra au commerce des produits supérieurs. Encouragés par le succès, les propriétaires étendirent de plus en plus leur entreprise, d'abord en fabriquant à *Beaupertuis*, près Rives, leurs aciers bruts, puis en produisant eux-mêmes les *fontes d'acier* dans le haut-fourneau de *Saint-Hugon*, relevé pour cet objet de ses ruines, construit et dirigé par M. Beaunier.

M. Beaunier introduisit aussi à La Bérardière la fabrication de l'acier fondu : en 1819, l'ensemble des usines était déjà monté de manière à produire annuellement 240,000 kilog. d'acier naturel raffiné, et 30,000 kilog. d'acier fondu soudable. Dès 1818 les produits de ces usines avaient obtenu une médaille d'or, de la société

d'encouragement pour l'industrie nationale; en 1819, à la suite de l'exposition des produits de l'industrie française, le gouvernement accorda aussi à M. Beaunier une médaille d'or, et la décoration de la Légion-d'Honneur. A l'exposition suivante, en 1823, il fut fait *rappel* de la médaille d'or de 1819, tant pour les fontes d'acier de Saint-Hugon que pour les aciers bruts de Beaupertuis, et pour les aciers fondus et autres, de toutes qualités, obtenus à La Bérardière. Peu de temps après M. Beaunier cessa de diriger ces établissemens.

Il s'occupait alors, et déjà depuis plusieurs années, d'un autre progrès industriel, plus important encore : il voulait introduire en France les chemins de fer, en construisant une voie de ce genre, qui unirait le Rhône à la Loire, à travers le bassin houiller de Saint-Etienne, chemin devant procurer immédiatement à la richesse minérale de ce pays des débouchés faciles, et former peut-être, dans la suite, un anneau de la grande chaîne de communication commerciale entre Marseille, Paris et le Havre. Quelques capitalistes éclairés, appréciant promptement la haute valeur de l'idée de M. Beaunier, s'associèrent avec lui pour la mettre en pratique, en commençant par la communication entre Saint-Etienne et la Loire, et ils lui en confièrent l'exécution. Il alla en Angleterre étudier les chemins de fer les plus perfectionnés à cette époque. Une ordonnance du 26 février 1823 autorisa la compagnie qu'il avait formée, à exécuter le chemin de fer de Saint-Etienne à Andrezieux; une autre ordonnance, du 30 juin 1824, approuva le tracé et les plans dressés par M. Beaunier, pour une longueur développée de

23 kilomètres : le chemin fut construit sous sa direction pendant les années suivantes, et livré au public en août 1827.

Dans cette opération, M. Beaunier avait à lutter contre les obstacles que présente toujours la création d'une industrie nouvelle, et à se préserver des mécomptes, des fautes que l'inexpérience fait presque toujours commettre dans la pratique. Le peu de longueur totale de son chemin, et la quotité connue et modérée du tonnage, qu'il ne pouvait pas espérer de voir dépasser tant que les canaux latéraux à la Loire ne seraient pas achevés, ne permettant pas de compter sur des bénéfices prochains considérables, commandaient l'économie dans les constructions. De cette circonstance, et de la configuration étroite et sinueuse de la vallée du Furens, que le chemin de fer devait suivre, résultait par exemple l'impossibilité d'un tracé avec des courbes à très grands rayons, telles que celles qui ont été construites plus tard sur d'autres voies du même genre. M. Beaunier dut aussi employer la fonte, comme matière première de ses *rails*, et non le fer malléable, qu'on a plus généralement employé depuis 1827, et le renchérissement considérable (de 35 fr. à 50 fr.) que la fonte éprouva en 1825 et 1826, accrut, dans une proportion notable et tout-à-fait inattendue, les dépenses premières de son entreprise. Enfin cette entreprise ne put être complétée ainsi qu'il l'avait conçue : la continuation du chemin de fer, de Saint-Etienne au Rhône, fut concédée à une autre compagnie; une troisième compagnie obtint le prolongement de la ligne du côté opposé, c'est-à-dire en descendant la Loire d'Andrezieux à Roanne, prolongement à l'étude duquel

M. Beaunier avait consacré beaucoup de temps et de soins ; et le chemin de fer de Saint-Etienne à Andrezieux est resté isolé, avec le désavantage résultant de ce qu'il est placé entre deux chemins de même nature, beauconp plus longs, pour lesquels, par conséquent, les frais annuels d'administration doivent être une fraction d'autant plus faible du montant de l'intérêt du capital engagé. De plus, les perfectionnemens apportés à la navigation des canaux du nord de la France, ont amené les houilles belges à Paris, à meilleur marché et en plus grande abondance, au moment même où a commencé la viabilité du chemin de fer de Saint-Étienne à la Loire, ce qui a enlevé à ce chemin une partie des produits qu'il semblait devoir offrir. Et pourtant, l'entreprise a heureusement résisté aux secousses qui depuis six ans ont ébranlé ou anéanti tant de spéculations industrielles plus brillantes, et la prospérité de son avenir paraît assurée, ainsi que l'accomplissement des prévisions de M. Beaunier, bien secondé dans sa gestion, il faut en convenir, par la sagesse et par l'entière confiance de l'administration de sa compagnie.

C'est en menant ainsi de front trois ou quatre genres de travaux différens, dont chacun aurait paru pouvoir suffire à une vie active, que M. Beaunier a passé douze années à St-Etienne. En 1822, étant encore ingénieur en chef du département de la Loire, il fut chargé de faire une tournée d'inspecteur divisionnaire, dans les départemens de l'Auvergne, du Dauphiné et de la Provence. Le compte qu'il a rendu de cette inspection, est surtout remarquable par des cartes géographiques départementales qui y sont annexées, et sur les-

quelles il a tracé, au moyen de signes variés et d'annotations marginales, le résumé complet de la statistique minérale de chaque département.

Le 26 mai 1824, le grade d'inspecteur divisionnaire fut conféré à M. Beaunier, qui conserva la direction de l'école des mineurs, mais qui dut venir à Paris, tous les ans, pour participer pendant l'hiver aux travaux du conseil général des mines.

En novembre 1828, une commission chargée, sous la présidence du ministre du commerce et des manufactures, d'examiner diverses questions de législation commerciale, ouvrit une enquête sur la *question des fers*. Sur la demande adressée au ministre par les maîtres des forges du département de la Loire, M. Beaunier fut appelé et interrogé par la commission. Ses réponses, publiées en 1829, dans l'*Enquête sur les fers*, renferment, avec des renseignemens intéressans sur l'état de l'industrie du fer à cette époque, des aperçus frappans de vérité et en partie tout-à-fait neufs: sur la connexité de l'industrie du fer avec le développement de l'exploitation de la houille, l'établissement des chemins de fer, des canaux et des autres voies de communications, ainsi que relativement à la comparaison des effets que produirait sur toutes ces industries l'abaissement du prix des fers, dans les deux cas où cet abaissement serait obtenu par la réduction du droit établi sur les fers étrangers, ou par la concurrence entre les produits des usines françaises. En 1832, une enquête analogue ayant été ordonnée sur la *question des houilles*, M. Beaunier fut encore appelé à donner des renseignemens et à faire connaître son avis: le tout a été inséré par extrait dans le vo-

lume relatif à cette seconde enquête, publié en 1833.

Les sociétés industrielles s'empressaient aussi de recourir à ses conseils. En 1829, la compagnie des mines et du chemin de fer d'Epinac le pria de faire partie du conseil d'administration de cette entreprise, et il dut au moins céder aux sollicitations des chefs de la société, en faisant un voyage à Epinac, à l'effet d'examiner l'état des choses et la meilleure direction à donner au chemin de fer. En 1831, à la prière de la société des fonderies et forges d'Alais, il dressa, pour les mines de houille appartenant à cette compagnie, un projet de grands travaux d'aménagement, qui a reçu un commencement d'exécution, et dont l'achèvement aura pour effet d'assurer aux usines d'Alais un approvisionnement en combustibles, indépendant des concessions voisines.

Directeur de l'école des mineurs, et directeur du premier chemin de fer que l'on ait construit en France, M. Beaunier était appelé, par cette position, à recevoir un grand nombre de voyageurs, quelquefois d'un rang élevé, et par lesquels son mérite et son caractère étaient promptement appréciés : l'estime, on pourrait même dire l'amitié, de tous, lui étaient de ce moment acquises; mais il s'était acquis au plus haut degré l'estime et la confiance des habitans de Saint-Etienne, même sous les rapports les plus étrangers aux objets de ses études et de son service. Il fut délégué par la ville de Saint-Etienne, en plusieurs occasions importantes, soit auprès des ministres, soit, en 1831, lors des funestes événemens de Lyon, auprès de M. le duc d'Orléans, auquel, peu de mois auparavant, il avait servi de guide

dans la visite du chemin de fer, des usines et des mines; enfin, son élection comme membre du conseil municipal de Saint-Etienne, lorsque déjà il ne résidait plus habituellement dans cette ville, est un témoignage frappant de la considération et de la reconnaissance qu'on lui avait vouées.

En septembre 1830, M. Beaunier fut appelé au conseil d'état, comme maître des requêtes en service extraordinaire; le 27 avril 1832, lors de la suppression du grade d'inspecteur divisionnaire des mines, il fut nommé inspecteur général de première classe; en janvier 1833, il fut élevé au grade d'officier de la Légion-d'Honneur.

Bien qu'il fût obligé, par ses nouvelles fonctions, à une résidence presque constante à Paris, on crut devoir lui conserver encore la Direction de l'école des mineurs de Saint-Etienne, à l'administration de laquelle l'ascendant qu'il s'était justement acquis sur tous ses collaborateurs, rendait toujours cette *direction*, même éloignée, extrêmement utile.

A Paris, et indépendamment de sa coopération habituelle aux travaux du conseil général des mines, M. Beaunier fut successivement chargé de la préparation de plusieurs dispositions législatives ou administratives, importantes pour le corps des ingénieurs des mines, pour l'exploitation des mines, pour l'industrie minérale. Ses travaux de statistique dans plusieurs départemens l'avaient fait remarquer dès son début dans le service d'ingénieur; il était resté pénétré de l'importance que présente la réunion coordonnée de semblables collections de faits, et ses propositions ont beaucoup contribué à faire instituer, en janvier 1834, près de l'administration des mines, la *Commission de*

statistique de l'industrie minérale, dont il fut nommé président. Les premiers résultats, recueillis et publiés par cette commission, à la suite du compte rendu des travaux des ingénieurs pendant l'année 1834, ont attiré l'attention; les résultats du même genre, qui vont être publiés pour 1835, auront encore plus d'intérêt.

Tels sont les principaux travaux qui ont rempli la vie de M. Beaunier. Aucune carrière d'ingénieur des mines n'a été plus active, plus variée; aucune n'a eu, successivement, ou même simultanément, pour objet, plus de fonctions importantes, plus de missions extraordinaires; et cependant, souvent, dès sa jeunesse, l'état de sa santé ou les symptômes d'infirmités cruelles venaient s'opposer à l'accomplissement de ses travaux, et même affecter péniblement son esprit. Il n'avait pas encore vingt-huit ans, lorsque l'un de ses yeux s'affaiblit d'une manière rapide, et cessa bientôt à peu près complétement de voir. Peu de temps après des symptômes analogues se manifestèrent à l'autre œil; un commencement de cataracte se déclara, et M. Beaunier eut l'effrayante perspective de devenir aveugle même avant la vieillesse. Cette crainte ne s'est pas réalisée; mais, depuis l'âge de quarante ans, des douleurs rhumatismales, vives et fréquentes, combattues sans succès par l'usage répété des eaux thermales, une irritation gastrique contre laquelle il avait sans cesse à se défendre, enfin des mouvemens du sang, qui se manifestaient de temps en temps d'une manière inquiétante, lui laissaient peu d'intervalles de bonne santé.

Ces intervalles devinrent plus rares, depuis une maladie qui, en 1829, avait été causée en grande

partie par une trop forte tension d'esprit, par des inquiétudes et des chagrins trop vivement ressentis. Souvent, dans ses dernières années, il se trouvait hors d'état de suffire aux travaux dont il était chargé; souvent il parlait de sa retraite, ou même de sa fin, comme devant être prochaine; et la force de sa constitution, et la vigueur et la jeunesse de son esprit, empêchaient ses amis d'ajouter foi à ces tristes pressentimens.

En juillet 1835, une atteinte goutteuse le priva d'abord de l'usage de la main droite, et se compliqua bientôt avec des affections intestinales, graves et douloureuses. Pendant un mois, M. Beaunier fut en proie aux souffrances les plus vives, qu'il supporta avec courage et résignation. Il y a succombé, le 20 août 1835, âgé seulement de cinquante-six ans.

Peu de morts peuvent être plus regrettables, non-seulement pour le corps des mines et pour l'administration, mais pour le pays.

Doué d'un esprit juste, lucide et inventif, qui envisageait toujours les questions de haut, les voyait sous toutes leurs faces et dans tous leurs détails, possédant en outre à un degré peu commun la faculté d'appliquer les conceptions administratives, de même que les données scientifiques, M. Beaunier portait toujours la lumière sur les objets de son examen. Il se fût distingué dans les positions les plus élevées, ainsi qu'il s'est distingué comme ingénieur et comme industriel. Il était promoteur zélé, mais éclairé, du *progrès*, dévoué à tout ce qui était bon et utile, incessamment préoccupé de tout ce qui lui semblait pouvoir contribuer au bien-être des hommes, à l'amélioration

du sort des classes ouvrières, à la prospérité de la France.

Par ses rares et heureuses qualités, par son caractère aimable, M. Beaunier inspirait à ses chefs, comme à ses camarades et à ses subordonnés, une estime et une affection particulières; et ces sentimens, il les inspirait même aux personnes qui n'avaient avec lui que des relations passagères. Bien éloigné de s'enorgueillir de cette sorte de succès, il semblait, dans des circonstances qui auraient pu paraître assez importantes pour lui, éviter les occasions d'en tirer le moindre avantage.

Lors de sa nomination comme chevalier de la Légion-d'Honneur en 1819, il fut assez modeste pour s'applaudir de ce que la décoration lui était donnée en qualité de manufacturier. « Si je l'avais » reçue comme ingénieur, écrivait-il, il me fau- » drait en avoir honte : les plus dignes auraient dû » passer avant moi. »

Il conserva toujours cette modestie, qui allait jusqu'à le rendre timide : au conseil d'état, il ne se décidait qu'avec la plus grande peine à demander la parole, même dans les discussions relatives aux sujets qu'il possédait le mieux.

Dans la société, M. Beaunier avait un esprit distingué et simple, original sans affectation, gai et bienveillant. On reconnaissait en lui un tact, une finesse d'observation et de discernement remarquables; mais sa bonté, sa cordiale aménité étaient plus remarquables encore. Il faut avoir connu les charmes d'une longue intimité avec lui, pour savoir tout ce que ses amis ont perdu.... Pour apprécier tout ce qu'il valait comme fils, comme frère, comme second père de la fille de son frère, il faut l'avoir vu dans l'intérieur de sa famille, au bon-

heur de laquelle il avait consacré son existence.

M. Cordier, dont le nom s'est placé naturellement plusieurs fois, dans la mention de travaux qui lui ont été communs avec M. Beaunier, M. Cordier, son collègue au conseil d'état, comme au conseil général des mines, a prononcé, le 21 août, sur la tombe de notre camarade, un touchant discours, dont nous reproduirons ici les derniers mots :

« Les services que M. Beaunier a rendus au pays » sont à jamais inscrits dans les fastes de l'ingénieur, et le souvenir s'en perpétuera au sein du » corps des mines, où son nom vivra entouré » d'estime, de respect et de reconnaissance. »

DICTIONNAIRE

Des Travaux publics, civils, militaires et maritimes, considérés dans leurs rapports avec la législation, l'administration et la jurisprudence;

Par M. le chevalier TARBÉ DE VAUXCLAIRS,

Conseiller d'état, Inspecteur général des ponts et chaussées.

Un vol. in-4°. — Paris, chez Carilian-Gœury, libraire, quai des Augustins, 41.

Le droit civil embrasse tous les rapports des citoyens entre eux; le droit administratif a principalement pour objet les relations des particuliers avec l'administration. Il est un grand nombre de circonstances où ils trouvent l'un et l'autre à la fois leur application : dans certains cas, des lois spéciales à certaines matières, après avoir établi, dans l'ordre administratif, les dispositions qui leur sont propres, renvoient au pouvoir judiciaire la décision de plusieurs questions litigieuses qui peuvent se présenter; souvent aussi, dans les contestations dont l'autorité administrative est appelée à connaître, la solution doit être empruntée aux principes du droit commun. Ainsi, les fonctionnaires de l'ordre administratif, et les juges des tribunaux ordinaires, ont besoin de s'entourer des notions qui sembleraient, au premier

abord, étrangères à la spécialité de leurs attributions, mais qui, en réalité, s'y rattachent par la diversité même des intérêts sur lesquels ils ont à prononcer.

C'est surtout dans ce qui a rapport aux travaux publics que se manifeste cette connexion entre le droit civil et le droit administratif. Les nombreuses affaires relatives à ces travaux offrent souvent de grandes difficultés. Le juge doit, pour les résoudre, avoir non-seulement la connaissance des lois et des règlemens, mais encore celle des procédés de l'art, des termes techniques qui y sont employés, et de beaucoup d'autres détails qui, à eux seuls, constituent une étude très importante.

C'était donc faire un travail très utile que de rassembler les principales dispositions qui régissent la matière, d'indiquer les lois, les actes d'administration publique d'où ces dispositions dérivent, de faire connaître les points de jurisprudence consacrés sur les questions les plus importantes, et de donner des définitions précises, des notions exactes sur tous les objets que peuvent embrasser les travaux publics dans leurs rapports avec l'art et avec le droit : M. Tarbé de Vauxclairs l'a exécuté avec tout autant de talent que de succès.

Il a donné à son ouvrage la forme de dictionnaire, comme la plus facile pour les recherches, et comme étant la mieux appropriée au but qu'il se proposait ; c'est ainsi qu'il l'annonce lui-même, « d'offrir aux ingénieurs, aux architectes,
» aux directeurs de travaux, les notions élémen-
» taires de législation, d'administration et de ju-
» risprudence dont ils ont besoin dans leurs rela-

» tions diverses avec les administrateurs et les » administrés, et aux fonctionnaires de l'ordre » administratif ou judiciaire les notions d'art qui » peuvent éclairer leurs décisions ou leurs juge» mens dans les discussions ou les procès relatifs » aux travaux publics. »

Sous la dénomination de *travaux publics*, M. Tarbé comprend tous les travaux civils, militaires ou maritimes qui intéressent l'universalité des habitans, soit du royaume, soit d'un département, d'un arrondissement, d'un canton ou même d'une commune. Cette acception étendue lui fournit l'occasion de traiter d'un grand nombre de matières, d'entrer dans une foule de détails remplis d'intérêt. Les routes, les ponts, la navigation, les mines, les usines, les ateliers insalubres, les bois et forêts, les desséchemens, etc.; tout ce qui se rapporte à l'industrie en général, tout ce qu'embrasse l'administration est traité par lui de manière à fixer les idées, à éclaircir les doutes, à poser des principes que les actes viennent confirmer. Les procédés de l'art, les termes techniques sont expliqués par des définitions claires et précises. Les articles de législation et de jurisprudence, qui comportaient plus de développemens, sont à certains égards de véritables traités sur la matière, traités sommaires et substantiels à la fois dans lesquels apparaissent un grand savoir et une longue expérience. Toutes les questions sont exposées, discutées avec soin; la citation des lois, règlemens, ordonnances ou décisions qui s'y appliquent, montre quel est l'état de la législation sur ces matières, et les règles qui sont fixées par la jurisprudence du conseil d'état et de la cour de cassation.

M. Tarbé s'est surtout attaché, comme il l'annonce dans son avant-propos, à indiquer parmi les nombreuses dispositions réglementaires qui ont été successivement prescrites, celles qu'il convient d'appliquer à chaque cas particulier. Souvent la législation se modifie, mais les lois nouvelles n'abrogent pas toujours en entier les lois antérieures, elles y laissent subsister certaines dispositions auxquelles on est obligé de recourir, et il est quelquefois difficile de saisir dans une question le principe encore en vigueur] d'où la solution doit résulter. L'ouvrage de M. Tarbé facilitera les recherches, et sera un guide sûr dans la pratique: c'est, en quelque sorte, un répertoire abrégé de toutes les matières qui ressortissent de l'administration, ou dans lesquelles le pouvoir administratif et le pouvoir judiciaire peuvent se trouver, chacun dans la sphère de leurs attributions, appelés à intervenir.

Cet ouvrage est terminé par une table générale, dans laquelle sont groupés, par ordre et sous les titres qui leur sont propres, les principaux articles développés dans le corps de l'ouvrage, ce qui permet d'embrasser d'un coup d'œil et de suivre dans leur enchaînement tous les objets qui y sont traités.

Une autre table, dressée dans l'ordre chronologique, donne l'indication et la date des lois, des principaux arrêts, décrets, ordonnances et autres actes réglementaires cités dans le cours du volume, et offre ainsi un ensemble de la législation et de la jurisprudence sur tout ce qui se rattache aux travaux publics. Ces deux tables sont à elles seules des documens fort instructifs.

Dire que M. Tarbé n'a absolument rien omis dans un oovrage qui embrasse des sujets si nombreux et si variés, ce serait sans doute irop absolu. Nous nous bornerons à remarquer ici qu'à l'article *mines et minières*, il n'a point cité l'arrêt si important de la cour de cassation, du 8 septembre 1832, qui a fixé le sens de l'article 2 de la loi du 21 avril 1810, en décidant que cet article n'est point limitatif, mais seulement énonciatif, et qu'ainsi une mine de sel gemme, quoique cette substance ne fût pas dénommée dans ladite loi, a pu devenir régulièrement l'objet d'une concession.

Sans doute des ouvrages tels que celui de M. Tarbé, sont destinés à éprouver des changemens, des variations. C'est le sort de tous les livres dans lesquels on parle de doctrines qui vont elles-mêmes se modifiant selon les progrès, les besoins, les intérêts nouveaux de la société. Mais si cela est rigoureusement vrai, nous sommes bien loin d'en conclure, avec l'auteur, que le sien ne conviendra qu'à l'époque de sa publication. Il ne s'agit point uniquement ici de compilations de textes, de recueils chronologiques, d'actes épars; un livre qui se distingue par une saine critique, par des discussions judicieuses et savantes, n'a rien à craindre de la mobilité de la jurisprudence. On le consulterait toujours avec fruit, lors même que ces textes, que ces actes n'existeraient plus.

M. Tarbé s'est trouvé, par sa position même, à portée d'accomplir une tâche laborieuse et difficile. Ingénieur, il a pu éclairer les questions qui exigeaient le secours de la science. Membre du conseil d'état, il a porté dans l'examen de ces questions le tribut d'une grande érudition et d'une

expérience acquise par de longs travaux. La haute renommée qu'il s'est acquise à ces divers titres suffit pour témoigner du mérite de son ouvrage. La publication de ce livre important est un nouveau service à ajouter à tous ceux qu'il a déjà rendus.

De Cheppe,
Chef de la division des mines.

JURISPRUDENCE DES MINES;

Par M. DE CHEPPE, chef de la division des mines.

MINES.

Lorsque le gouvernement institue une concession de mine, il juge des motifs de préférence entre les divers concurrens et de l'étendue qu'il convient de donner à cette concession pour une exploitation utile. — Les portions de terrain qu'un tiers aurait demandées peuvent ainsi y être comprises, encore bien que celui-ci ne se soit pas désisté de sa demande, et que celui qui obtient la concession ne les ait pas réclamées.

M. de Castellanne, concessionnaire des mines de houille-lignite de *la Cadière*, département du Var, avait demandé, pour être joint à sa concession, un terrain contigu qui forme le prolongement de ces mines.

M. Bazin, associé d'une compagnie qui s'était organisée pour l'exploitation de la houille dans ce pays, avait précédemment sollicité, tout auprès du terrain indiqué par M. de Castellanne, une concession qui se serait avancée en pointe sur l'un des côtés de ce terrain.

M. de Castellanne, voulant éviter toute discussion avec cette compagnie, a restreint sa demande de manière à laisser en dehors le périmètre réclamé par M. Bazin. Mais les ingénieurs des mines et le préfet, considérant que la langue de terre en question se trouvait dans les limites naturelles que traçait la disposition du gîte demandé par M. de Castellanne, ont proposé de la réunir à la concession de ce dernier. Comme d'ailleurs il y avait eu des publications et affiches pour ce petit espace de terrain, puisqu'il se trouvait compris dans la demande, publiée et affichée, de M. Bazin, et que des offres semblables avaient,

de part et d'autre, été faites aux propriétaires du sol, ils ont pensé que rien ne mettait obstacle à ce qu'on en disposât au profit de M. de Castellanne.

Cet avis, adopté par l'administration des mines ainsi que par le conseil d'état, a été sanctionné par une ordonnance royale (1), qui a concédé à M. de Castellanne toute l'étendue sur laquelle le gîte de houille portait ses ramifications.

Dans l'espèce, M. Bazin n'avait pas été averti de la proposition d'attribuer à M. de Castellanne la totalité du terrain ; seulement on pouvait penser qu'il avait renoncé à sa demande, attendu que depuis long-temps il n'avait point reparu dans l'instruction. Mais on a considéré qu'on n'avait point de désistement à lui demander ; que soit qu'il le donnât ou non, le gouvernement était libre de comprendre dans la concession à accorder à M. de Castellanne tout l'espace qui paraissait convenable pour l'exploitation; que requérir de M. Bazin ce désistement, c'eût été en quelque sorte lui reconnaître sur ce même terrain un droit qu'il n'avait pas.

Aux termes de l'art. 16 de la loi du 21 avril 1810, le gouvernement est en effet seul juge des motifs d'après lesquels la préférence doit être accordée pour une concession de mine. Toute latitude lui est laissée dans son choix ainsi que pour les limites à assigner à la concession. Lorsqu'il s'agit de disposer d'un gîte de susbtances minérales, c'est toujours l'intérêt public qu'on doit avoir en vue. Cet intérêt veut que l'on donne à l'espace concédé une étendue suffisante pour qu'on puisse y opérer des travaux réguliers et durables. Le gouvernement est donc libre d'y comprendre des terrains qui ont été demandés par d'autres concurrens, alors même qu'ils n'auraient point été réclamés par celui qu'il choisit pour concessionnaire. Il faut seulement que ces terrains aient été compris dans les publications et affiches, et que par-là le public ait été prévenu qu'il était question de les concéder. C'est ainsi qu'on a toujours procédé, et notamment pour les concessions qui ont été faites dans les départemens de Saône-et-Loire et de la Loire. S'il en était autrement, on serait sans

(1) Ordonnance du 8 janvier 1834. *V.* les Ann. des mines, 3e série, tome VI, page 539.

cesse arrêté dans les circonscriptions qu'exige l'aménagement des substances minérales, et au lieu d'exploitations vraiment utiles, on se verrait souvent obligé d'instituer de petites concessions d'une forme irrégulière, contraire aux dispositions du gîte, et qui compromettraient l'existence même de la mine.

Dans l'affaire des mines de la Cadière, la portion de terrain qui entrait dans le périmètre sollicité par M. de Castellanne avait été indiquée dans les publications et affiches. C'était, il est vrai, pour la demande de M. Bazin, que ces publications et affiches avaient eu lieu; mais il suffisait que cette formalité eût été accomplie pour qu'on fût à même de disposer de cette portion de terrain au profit de celui qui paraissait devoir être préféré. Si M. de Castellanne ne l'avait pas comprise dans sa demande, c'était uniquement pour prévenir toute difficulté avec M. Bazin. Le gouvernement n'avait point à se préoccuper de cette considération. M. Bazin, qui n'avait pas reparu depuis long-temps dans l'instance, pouvait être regardé comme ayant abandonné son projet, et alors M. de Castellanne se trouvait en son lieu et place; si, au contraire, on envisageait comme toujours subsistans les effets de la demande originaire de M. Bazin, ce dernier était un simple concurrent, et on était libre de choisir entre lui et le propriétaire des mines de la Cadière. Le petit espace en litige, par sa position, par l'allure de ses couches, se trouvait une annexe naturelle de ces mines; on ne pouvait en tirer parti qu'en coordonnant son exploitation avec l'ensemble des travaux opérés sur ces mêmes gîtes; isolé, il serait demeuré stérile : il importait donc de le réunir à la concession de M. de Castellanne, de telle manière que l'exploitation en fût assurée de la manière la plus convenable.

TERRES A POTERIE. — CARRIÈRES.

Le propriétaire d'une fabrique de poterie peut-il obtenir l'autorisation d'extraire sur le terrain d'autrui des terres propres à l'usage de son usine? — En d'autres termes : Peut-on disposer des

produits d'une carrière pour une usine, lorsque le propriétaire de cette carrière ne l'exploite pas lui-même ?

Les *terres à poterie*, bien que renfermant toujours de l'alumine en proportion notable, ne sont pas, selon le vocabulaire légal, des terres *alumineuses*, et ce n'est point de cette espèce de terres que fait mention l'article 71 de la loi du 21 avril 1810. Les substances auxquelles s'applique cet article sont celles qui renferment à la fois de l'alumine et des pyrites de fer, et qui, par-là, sont propres à la fabrication de l'alun (sulfate d'alumine et de potasse), et à la fabrication de la couperose (sulfate de fer). Elles sont classées dans l'article 3 de la loi, parmi les minières, sous les noms de *terres pyriteuses* et de *terres alumineuses*, et l'article 73 n'en permet le traitement que dans les usines élevées en vertu d'une ordonnance royale.

C'est en tant que minières que l'article 71 les soumet, quant à leur exploitation, aux mêmes règles que les minerais de fer d'alluvion, et permet en conséquence de les faire exploiter pour le service des usines lorsque le propriétaire du sol ne veut pas en entreprendre lui-même l'extraction.

L'article 4 de la loi range dans la catégorie des carrières les terres qui servent à la fabrication des poteries; elles y sont même en quelque sorte désignées deux fois, car, après les avoir mentionnées séparément sous les noms spécifiques de marnes, de sables, d'argile et de kaolin, il les énonce encore sous le nom plus général de terres à poterie qui indique leur commun usage.

La question est donc en réalité de savoir si les produits des carrières peuvent être affectés aux besoins des usines, à défaut par le propriétaire de les extraire à son compte.

La loi du 21 avril 1810 a laissé cette question indéterminée; car on ne peut s'appuyer, pour la résoudre, sur l'article 83, qui est relatif aux tourbières. Les tourbières ne sont pas des carrières; ce sont, aux termes de l'article 3, de véritables minières.

Mais par cela seul que la loi de 1810 n'a pas donné une destination positive aux produits des carrières, il en résulte que cette classe de substances minérales est restée sous l'empire de la législation antérieure que cette loi n'a

pas positivement abrogée. Or, le second paragraphe de l'article 2 du titre 1er de la loi du 28 juillet 1791, porte : « Les carrières, à défaut d'exploitation de la part des » propriétaires, et dans les cas de *nécessité*, pourront » être exploitées par les entrepreneurs des travaux pu- » blics ainsi que par les propriétaires des établissemens et » manufactures *d'utilité générale*. »

Cet article de la loi de 1791 doit être considéré comme étant toujours en vigueur. L'art. 537 du Code civil, en spécifiant que les particuliers n'ont la libre disposition des propriétés qui leur appartiennent que sous les modifications établies par les lois, a laissé par cela même subsister toutes les dispositions des lois alors existantes, qui, dans des vues d'intérêt public et d'utilité générale, posaient des limites à l'usage absolu du droit de propriété, tel que le même code le définit, art. 544 ; à cette époque, la loi du 28 juillet 1791 régissait la propriété minérale ; les règles qu'elle pose au § 2 de l'art. 2 du titre 1, relativement aux produits des carrières, ne sont en opposition ni avec les principes établis par le Code civil, ni avec l'esprit qui a présidé à sa rédaction, et la loi du 21 avril 1810 loin de les abroger, les a en quelque sorte confirmées, puisqu'elle porte, art. 81, que l'exploitation des carrières à ciel ouvert *a lieu avec l'observation des lois ou règlemens généraux ou locaux*.

C'est donc cet art. 2 de la loi du 28 juillet 1791 qui doit encore aujourd'hui servir de règle. L'État, en ce qui le concerne, n'a jamais cessé d'user des moyens qu'il lui fournit pour la construction des routes et des édifices publics ; l'industrie peut donc à son tour s'en appuyer.

Par ces diverses considérations, le conseil général des mines a pensé que le propriétaire d'un fonds renfermant soit des *terres à poterie*, soit toute autre substance également classée par la loi du 21 avril 1810, sous la qualification de *carrière*, ne peut être tenu de les exploiter ou de les laisser exploiter que dans les cas prévus par le second paragraphe de l'art. 2, titre 1er de la loi du 28 juillet 1791, c'est-à-dire que lorsque ces substances sont *nécessaires* à des travaux *d'utilité publique ou à des établissemens et manufactures d'utilité générale*.

Il s'agit, dès lors, dans les affaires de l'espèce, de voir si les deux conditions qu'exige l'article précité se présen-

tent; en d'autres termes, d'examiner si la fabrique a le caractère d'un *établissement d'utilité générale*, et s'il y a *nécessité*, pour l'existence de cette fabrique, que le terrain désigné soit exploité. Il conviendra en effet d'interroger la notoriété publique, d'entendre les parties intéressées ou de les appeler à se faire entendre. Lorsque la question d'utilité générale est résolue affirmativement, il y a lieu de faire constater par l'autorité locale et par l'ingénieur des mines si effectivement cette fabrique a un besoin indispensable des terres que recèle le fonds dans lequel l'autorisation d'exploiter est réclamée.

Chacun de ces faits étant reconnu, si le propriétaire du sol, après avoir été mis en demeure d'exploiter lesdites terres, se refuse à les livrer à l'usine, il appartient au préfet de prendre un arrêté qui autorise le propriétaire de cette usine à opérer l'exploitation, en faisant toutes les réserves de droit pour le payement des indemnités qui seront dues, à raison tant du dommage causé à la surface que de la valeur des matières extraites.

Tels sont les principes qui ont paru devoir servir de règles dans les affaires de cette nature.

MINES. — SEL GEMME. — SALINES.

1. *A l'autorité administrative seule appartient de prononcer sur la validité, l'étendue et les effets d'une concession de mine, et de connaître de toutes demandes, réclamations ou oppositions qui ne sont point fondées sur un droit de propriété du gîte minéral.*

2. *Les mines de sel gemme sont comprises parmi les masses de substances minérales que la loi du* 21 *avril* 1810 *qualifie de* mines, *et qui ne peuvent être exploitées sans concession.—L'art.* 2 *de cette loi est simplement énonciatif et non limitatif.*

3. *Un concessionnaire de mine a seul le droit d'exploiter, à quelque état qu'elle se présente, la*

substance minérale qui fait l'objet de sa concession. Le concessionnaire d'une mine de sel peut donc seul exploiter cette mine, soit à l'état solide, soit à l'état liquide; et, par conséquent, les sources salées qui se trouvent dans son périmètre, lui appartiennent comme le banc de sel gemme lui-même.

4. *La disposition au moyen de laquelle un tiers introduit de l'eau douce sur la masse solide est une atteinte à la concession; c'est une contravention passible des peines prononcées par la loi.*

5. *Une usine pour l'évaporation des eaux salées ne peut être établie sans une permission.*

La loi du 6 avril 1825 autorise le gouvernement à concéder pour 99 ans, avec publicité et concurrence, et, à titre de régie intéressée, l'exploitation, 1° de plusieurs salines des départemens de la Meurthe, du Bas-Rhin, de la Haute-Saône, du Doubs et du Jura; 2° de la mine de sel gemme existant dans ces départemens ainsi que dans ceux de la Meuse, de la Moselle, du Haut-Rhin, des Vosges et de la Haute-Marne, dès que le domaine de l'état en aura été mis en possession, *conformément aux dispositions de la loi du* 21 *avril* 1810.

En vertu de cette loi, concession a été faite au domaine de l'état, par ordonnance royale du 21 août 1825, des mines de sel gemme existant dans les dix départemens ci-dessus désignés, pour ledit domaine en jouir en toute propriété, conformément à la loi du 21 avril 1810 et à celle du 6 avril 1825.

Le 31 octobre suivant, il a été procédé par adjudication publique à la mise en régie intéressée desdites mines et des salines de l'Est. La compagnie adjudicataire a dès lors acquis le droit d'exploiter seule, pour toute la durée de son bail, le sel compris dans l'étendue de la concession.

Cependant, au mois de septembre 1828, MM. Parmentier et compagnie, concessionnaires d'une mine de houille dans la commune de Gouhenans, département de la Haute-Saône, adressèrent au préfet de ce département, une demande ayant pour objet d'obtenir la concession

d'une mine de sel gemme qu'ils annonçaient avoir découverte au-dessous de leur terrain houiller.

Ils se pourvurent en même temps devant le conseil d'état pour obtenir la révocation de la concession faite au domaine, prétendant que l'ordonnance relative à cette concession n'avait pas été rendue dans les formes voulues par la loi du 21 avril 1810, et qu'elle ne pouvait faire obstacle à la demande qu'ils avaient formée pour devenir eux-mêmes concessionnaires à Gouhenans. Ils demandaient, en outre, des indemnités comme inventeurs et propriétaires.

Le conseil d'état a considéré que la loi spéciale du 6 avril 1825 n'a pas eu pour objet de faire une concession perpétuelle à des tiers, en vertu de l'art. 16 de la loi du 21 avril 1810 : qu'elle a, au contraire, ordonné la concession emphythéotique, à titre de régie intéressée au profit de l'état, de la mine de sel gemme, dès que l'état en aurait été mis en possession ; que cette prise de possession par l'état n'était pas assujettie à l'accomplissement des formalités prescrites pour des concessions perpétuelles à des tiers ; que les réclamans, de leur propre aveu, n'avaient rencontré la mine de sel gemme que postérieurement à la promulgation des loi et ordonnance des 6 avril et 21 août 1825, et dans les limites de la circonscription qu'elles avaient déterminées ; qu'ainsi la rencontre de ladite mine ne les constituait pas inventeurs dans le sens de la loi du 21 avril 1810 ; que l'ordonnance du 21 août 1825, en déterminant les droits des propriétaires pour les terrains qui doivent être exploités immédiatement, a réservé les droits des autres propriétaires pour les terrains qui seraient mis ultérieurement en exploitation ; d'où il suit qu'à cet égard l'ordonnance ne préjudiciait point aux droits des requérans.

Leur réclamation a été, d'après ces motifs, rejetée par une ordonnance royale du 3 décembre 1828.

L'administration des domaines, de son côté, par exploit signifié au préfet de la Haute-Saône, le 30 janvier 1829, se rendit opposante à ce qu'il fût donné suite à la demande de la compagnie Parmentier.

Le 19 octobre suivant, M. Parmentier s'est adressé de nouveau au préfet, requérant qu'il fût procédé, à son profit, à la concession de la mine de sel de Gouhenans.

Le 29 du même mois, un arrêté du préfet rejeta sa réclamation par une fin de non recevoir.

M. Parmentier a alors assigné le domaine de l'état devant le tribunal civil de l'arrondissement de Lure, pour voir dire que les ordonnances des 21 août 1825 et 3 décembre 1828, ne mettaient point empêchement à sa demande en concession, et pour ledit domaine être débouté de ses fins contraires et condamné aux dommages et intérêts.

Le tribunal de Lure, par jugement du 16 juin 1830, prononça que lesdites ordonnances ne faisaient point obstacle à ce qu'il fût donné suite à la demande en concession formée par M. Parmentier, décida que le domaine de l'état n'avait aucun droit de propriété sur la mine de sel gemme de Gouhenans, et le condamna aux dépens ainsi qu'à des dommages et intérêts envers M. Parmentier.

Sur l'appel, la cour royale de Besançon confirma, par arrêt du 28 mars 1831, le jugement du tribunal de Lure.

Le domaine s'est pourvu en cassation, et le 28 janvier 1833, est intervenu l'arrêt suivant :

« Vu l'art. 13 du titre 2 de la loi du 24 août 1790, portant : *Les fonctions judiciaires seront distinctes et demeureront toujours séparées des fonctions administratives ; les juges ne pourront, à peine de forfaiture, troubler de quelque manière que ce soit les opérations des corps administratifs, ni citer devant eux les administrateurs pour raison de leurs fonctions ;*

» Vu aussi la dernière partie de la loi du 16 fructidor an 3, ainsi conçue : *Défenses itératives sont faites aux tribunaux, de connaître des actes d'administration, de quelque nature qu'ils soient, aux peines de droit ;*

» Attendu qu'aux termes de l'art. 5 de la loi du 21 avril 1810, la concession d'une mine doit être faite par acte délibéré en conseil d'état ;

» Que d'après la loi du 6 avril 1825, l'état devait être envoyé en possession de la mine de sel gemme comprise dans les dix départemens y dénommés et conformément aux dispositions de la loi de 1810 ;

» Qu'une ordonnance royale du 21 août 1825, délibérée en conseil d'état, a fait concession de ladite mine au domaine de l'état en exécution de ladite loi ;

» Que lors même que cette ordonnance n'aurait pas été précédée de l'accomplissement des formalités préalables

prescrites par la loi du 21 avril 1810, elle n'en aurait pas moins été rendue par une autorité compétente ;

» Que la question de savoir si la loi du 6 avril 1825 avait dérogé aux dispositions de la loi du 21 avril 1810, relativement à la concession de la mine de sel gemme par elle ordonnée, ne pouvait jamais être qu'une question administrative, puisqu'il ne s'agissait après tout que des formalités qui devaient précéder ou accompagner un acte d'administration ;

» Qu'il en est de même de toutes les questions relatives à l'accomplissement de ces formalités ;

» Que c'est ce qui résulte de l'art. 28 de la loi du 21 avril 1810, qui a voulu que les oppositions aux ordonnances de concession fussent portées au conseil d'état, hors le cas où l'opposition serait fondée sur une question de propriété de la mine, antérieurement acquise, par concession ou autrement ;

» Que la compagnie Parmentier, dans l'espèce, ne se présentait pas comme ayant antérieurement la propriété de tout ou partie de la mine en question, mais des droits à devenir propriétaire d'une portion de cette mine en vertu de ses droits à la propriété de la surface ; qu'il ne s'agissait donc point d'une question de la compétence des tribunaux ;

» Que la compagnie Parmentier l'a reconnu elle-même puisqu'elle a porté son opposition à l'ordonnance du 21 août 1825 devant le conseil d'état, d'où il suit que l'ordonnance du 3 décembre 1828 qui a statué sur cette opposition et l'a rejetée, a été rendue par une autorité administrative compétente, et faisait obstacle à ce que les questions qu'elle décidait fussent portées devant les tribunaux ;

» Qu'en jugeant le contraire, l'arrêt attaqué a violé les lois sus référées ;

» Par ces motifs, la cour casse et annulle l'arrêt de la cour royale de Besançon, remet les parties au même et semblable état où elles étaient avant ledit arrêt, condamne les défendeurs aux frais et dépens, et, pour être statué sur le fond, renvoie les parties et les pièces du procès devant la cour royale de Dijon. »

Par un premier arrêt, rendu par défaut le 25 juillet 1833, la Cour royale de Dijon, considérant : « Que le tri-

bunal de Lure, en se permettant, par son jugement du 16 juin 1830, d'apprécier le mérite et la validité d'ordonnances royales, a excédé les bornes de sa compétence et a violé de la manière la plus formelle les dispositions de l'art. 13 du titre 8 de la loi du 24 août 1790, et la disposition finale de la loi du 16 fructidor an 3; » faisant droit sur l'appellation interjetée par le préfet de la Haute-Saône au nom de l'état, a mis ce dont était appel au néant, et dit et déclaré que le tribunal civil de Lure était incompétent pour connaître de la demande portée par devant lui par la compagnie Parmentier, a annulé ledit jugement et condamné les intimés aux dépens des causes principales et d'appel.

M. Parmentier a formé opposition; la même Cour a considéré de rechef:

« Que l'ordonnance royale du 21 août 1825 qui, en vertu de la loi du 6 avril précédent, a mis l'état en possession des mines de sel gemme dans les dix départemens qui y sont désignés, a été interprétée par le conseil d'état le 3 décembre 1828, lors de la demande en concession formée par la compagnie Parmentier;

» Que cette compagnie n'élevant aucuns droits à la propriété des mines en question pour les avoir acquises par concession ou autrement, l'autorité administrative seule était compétente pour prononcer sur la validité et l'étendue de la concession du 21 août 1825;

» Qu'ainsi les premiers juges ont excédé la compétence des tribunaux et méconnu les lois qui séparent les pouvoirs administratifs et judiciaires, en admettant une réclamation qui n'était pas fondée sur un droit de propriété de la mine, acquis antérieurement par le demandeur par les moyens indiqués en l'art. 28 de la loi du 21 avril 1810; »

En conséquence, et par arrêt du 17 avril 1834, la Cour a ordonné l'exécution de celui du 25 juillet 1833.

Cet arrêt n'a point été attaqué, et il est demeuré définitivement jugé qu'en matière de mines, c'est à l'autorité administrative seule qu'il appartient de prononcer sur la validité, l'étendue et les effets d'une concession, et de connaître de toutes les demandes, réclamations ou oppositions autres que celles qui seraient fondées,

conformément au cas prévu par l'art. 28 de la loi du 21 avril 1810, sur un droit de propriété de la mine.

Mais durant le cours de cette instance, M. Parmentier n'en avait pas moins continué ses sondages et son exploitation. Il avait établi à Gouhenans une usine où il traitait les eaux qu'il retirait d'un puits creusé jusqu'au banc de sel gemme et qui venaient y contracter leur salure.

Injonction lui fut faite par le préfet de cesser ces opérations comme constituant une infraction aux conditions que la loi du 21 avril 1810 a déterminées pour l'exploitation d'une mine et l'établissement d'une usine.

Il ne tint compte de ces défenses, des procès-verbaux furent dressés conformément aux art. 95 et 96 de la loi du 21 avril 1810, et M Parmentier fut traduit par le ministère public devant le tribunal correctionnel de Lure.

Là, il soutint que la source dont il faisait usage était une source naturelle d'eau salée et non une dissolution artificielle du banc de sel gemme; que dès lors son entreprise ne devait point être considérée comme une exploitation de la mine de sel; que quant aux ateliers où il faisait évaporer le sel, l'art. 73 de la loi du 21 avril 1810, relatif aux usines, ne concernait pas ces sortes d'établissemens, et qu'il n'avait besoin, d'après l'art. 51 de la loi de finances du 24 juillet 1806, que de déposer une déclaration à l'administration des contributions indirectes pour assurer la perception des droits dus au trésor.

Le tribunal de Lure accueillit en partie ces moyens. Par jugement du 6 mars 1832, il déchargea le prévenu des fins de la plainte pour contravention à l'art. 73 de la loi de 1810. Sur le second chef, celui de l'exploitation d'une mine de sel gemme, il ordonna, par un avant faire droit, une expertise à l'effet de constater si la source en question était ou non une source naturelle d'eau salée.

Appel du procureur du roi devant le tribunal correctionnel supérieur de Vesoul.

Le tribunal de Vesoul confirma, le 2 juin 1832, le jugement du tribunal de Lure, en tant que ledit jugement avait décidé qu'il n'y avait pas contravention à l'art. 73 de la loi de 1810. A l'égard de la poursuite intentée pour fait de l'exploitation d'une mine de sel gemme sans concession, il déclara que l'action était mal fondée, et que le

fait imputé ne constituait ni délit ni contravention, attendu que le sel gemme n'est point compris au nombre des gîtes de substances minérales que la loi de 1810 qualifie de *mines* et qu'elle défend d'exploiter sans concession, et que la loi du 6 avril 1825 n'avait en rien changé la législation à cet égard.

Un pourvoi en cassation fut formé par le ministère public.

Persistant dans le système qu'il avait adopté devant le tribunal de Vesoul et que ce tribunal avait accueilli, M. Parmentier soutint que les mines de sel gemme n'étaient pas soumises aux dispositions de la loi de 1810. Il s'appuya sur ce que le sel gemme n'est pas nommément désigné dans l'art. 2 de cette loi, qui indique diverses substances considérées comme mines. Il exposa que, lors des discussions qui eurent lieu au conseil d'état avant la promulgation de la loi, le sel gemme avait été formellement retranché de cet article, dans l'intention, il est vrai, de le soumettre, ainsi que les sources salées, à un autre mode de législation, mais que cette législation spéciale n'était point encore intervenue. Il nia que la loi du 6 avril 1825 pût être regardée comme un acte législatif qui eût statué sur le mode de disposition du sel gemme; selon lui, ce fut seulement pour obtenir des chambres l'autorisation de donner à bail emphythéotique, pour quatre-vingt-dix-neuf ans, plusieurs salines qui déjà dépendaient du domaine de l'état, et les mines de sel gemme récemment découvertes, qu'à cette époque le gouvernement présenta ce projet de loi; et c'est, ajoutait-il, dans ces termes et pour ce but que la loi fut adoptée. Relativement à la question de savoir si l'art. 73 de la loi de 1810 était applicable aux salines, il contesta cette application, en objectant que la loi de 1810 n'avait rapport qu'à l'exploitation des substances qu'elle désigne dans l'art. 1er, sous le nom de substances minérales ou fossiles, et que des eaux salées ne pouvaient être regardées comme des mines ou des minières; que, d'ailleurs, les eaux salées ne figuraient pas nominativement dans la nomenclature de l'art. 73, et qu'ainsi l'exploitation qui en était opérée sans permission ne pouvait être atteinte des peines portées en l'art. 96. Enfin, il soutint que la source dont il faisait usage était une source naturelle qui surgissait d'elle-même près de la surface du sol.

Le 8 septembre 1832, la Cour de cassation a rendu l'arrêt suivant :

« Sur le moyen de cassation tiré de ce que le sieur Parmentier aurait, en contravention à l'art. 73 de la loi du 21 avril 1810, exploité, à l'aide de combustible et sans en avoir obtenu la permission, la source d'eau salée qu'il dit exister dans son fonds à Gouhenans ;

» Attendu qu'encore bien que les sources d'eau salée renfermées dans le sein de la terre exigent, de la part du gouvernement, une surveillance particulière ; néanmoins la loi, dans son art. 73, n'en fait pas une mention expresse quand elle s'occupe des usines employées au traitement, par l'action du feu, des substances salines et pyriteuses, ainsi que des substances métalliques ;

» Que, dans cet état de choses, les propriétaires de sources d'eau salée ne sont, quant à présent, assujettis qu'aux obligations et aux formes établies par la loi du 24 avril 1806 et le décret du 11 juin même année ;

» Qu'ainsi, le tribunal dont le jugement est attaqué, en confirmant le jugement du tribunal correctionnel de Lure, en ce qu'il a déchargé le prévenu des poursuites pour contraventions à l'art. 73 de la loi du 21 avril 1810, n'a pas violé formellement ledit article ;

» La Cour, sur ce premier rapport, rejette le pourvoi du ministère public ;

» Statuant sur le moyen de cassation puisé dans une violation des art. 1, 5 et 96 de la susdite loi de 1810 ;

» Vu lesdits articles de loi, et attendu que les mines de sel gemme sont, par leur nature même, implicitement comprises parmi les masses de substances minérales ou fossiles qui se tirent de la terre, et que, par la disposition générale de l'art. 1er, toutes ces substances sont classées, relativement aux règles d'exploitation de chacune d'elles, sous les trois qualifications de mines, minières et carrières ;

» Que le sel gemme, ne pouvant appartenir à aucune de ces deux dernières classes, appartient nécessairement à la classe des mines ; que les dispositions purement énonciatives de l'art. 2 n'ont rien qui déroge, soit à l'art. 1er, soit à la généralité de la règle prescrite par l'art. 5 pour l'exploitation des mines, et qu'on ne peut établir d'exception là où la loi n'en a pas elle-même établi ;

» Que s'il avait pu s'élever quelque doute sur la question de savoir si les mines de sel gemme étaient comprises dans les dispositions de la loi du 21 avril 1810, et conséquemment sujettes à concession, ce doute aurait été entièrement dissipé : 1° par la loi du 6 avril 1825, qui, en autorisant le gouvernement à concéder la mine de sel gemme, objet de cette loi, dès que le domaine de l'état en aurait été mis en possession, conformément aux dispositions de la loi du 21 avril 1810, a reconnu que cette espèce de mine était concessible d'après cette loi ; 2° par le résultat de la discussion qui, dans les chambres législatives, a préparé l'adoption de la loi de 1825, et par le rejet des amendemens qui tendaient à faire décider que le sel gemme n'était pas même implicitement compris dans la loi de 1810 ;

» Que, dans cet état de la législation, une mine de sel gemme ne peut être régulièrement exploitée sans une concession obtenue conformément à l'art. 5 de la loi générale sur les mines, et que tout contrevenant est passible des peines portées en l'art. 96 de la susdite loi ;

» Attendu, en fait, que le sieur Parmentier a été poursuivi devant le tribunal correctionnel de Lure, comme prévenu d'avoir exploité une mine de sel gemme au terroir de Gouhenans, en fabriquant du sel au moyen des eaux qui en proviennent, soit en opérant artificiellement la dissolution de cette mine, soit de toute autre manière ;

» Que le tribunal correctionnel de Lure, pour s'assurer si le fait de la prévention était exact, avait ordonné d'abord une expertise qui a été exécutée en présence des parties, et depuis une plus ample vérification ;

» Que, sur l'appel de ce dernier jugement, interjeté par le ministère public, le tribunal supérieur de Vesoul, jugeant en droit, qu'à supposer que le prévenu exploitât sans concession une mine de sel gemme, il ne contreviendrait à aucune loi pénale et ne pourrait être frappé d'aucune condamnation, en quoi ledit tribunal a violé les articles 1, 5 et 96 de la loi du 21 avril 1810, dont il avait à faire l'application ;

» Par ces motifs, la Cour casse et annulle ledit jugement, en ce que le tribunal a jugé que le fait imputé au prévenu d'exploiter la mine de sel gemme dont il s'agit, ne constitue ni délit ni contravention ;

» Et pour être statué conformément à la loi, sur l'appel, en ce chef, du jugement, renvoie les parties et les pièces du procès devant la Cour royale de Lyon, chambre des appels de police correctionnelle. »

Saisie du pourvoi, la Cour royale de Lyon a rendu, le 4 mai 1833, un arrêt ainsi conçu :

« Considérant que la loi du 21 avril 1810 s'applique, par la généralité de son art. 1er, à toutes les masses de substances minérales ou fossiles renfermées dans le sein de la terre ou existantes à la surface, comprises dans les trois grandes qualifications de mines, minières et carrières, qui toutes sont soumises, dans l'intérêt général, à un mode spécial d'exploitation ;

» Considérant que l'art. 2 de la même loi, en énumérant diverses substances minérales ou fossiles qui doivent rentrer dans la classe des mines, n'a pas formellement exclu les autres substances qu'elle n'indique pas, et qui, par leur nature, appartiennent aussi à cette même classe, d'où il résulte que cet article doit être regardé comme simplement démonstratif et non pas comme limitatif ;

» Considérant que si le législateur avait voulu exclure des dispositions de la loi tout ce qui n'y était pas nominativement rappelé, il aurait exprimé sa volonté en termes positifs, que loin de là il se borne à dire dans l'art. 2 : *seront considérées comme mines telles et telles substances;* ce qui n'offre qu'une forme énonciative, tandis qu'il aurait au contraire commencé par ces mots : *ne seront considérées comme mines que telles ou telles substances,* si le législateur avait eu réellement la pensée de soustraire à l'empire et à la protection de la mesure générale qu'il avait posée dans l'art. 1er, tout ce qui n'était pas spécifié dans l'art. 2 ;

» Que cette intention résulte encore de l'expression générale dont le législateur a fait suivre, dans ce même article, les substances par lui désignées, et qui ne suffisaient pas à l'étendue de la règle et de la prévision, puisqu'il terminait en disant : *et autres matières métalliques,* ce qui ne peut se concilier avec la volonté d'un sens rigoureusement limitatif;

» Considérant que, s'il est vrai que le sel gemme n'est pas rappelé dans le nombre des substances minérales ou fossiles mentionnées en l'art. 2, il faut néanmoins recon-

naître que le sel gemme ne peut être considéré que comme une substance appartenant à l'ordre des mines, et qui rentre dès lors dans la généralité des termes de l'art. 1[er];

» Considérant que s'il pouvait s'élever quelques doutes à cet égard, ils seraient complétement dissipés par les expressions de la loi du 6 avril 1825, qui reconnaît qu'une mine de sel gemme est concessible d'après la loi du 21 avril 1810;

» Considérant qu'on ne saurait prétendre que cette disposition aurait été légèrement accueillie dans la loi du 6 avril 1825, puisqu'elle n'y a été maintenue qu'après une discussion longue et approfondie au sein des deux chambres, et que divers amendemens, contraires à la rédaction proposée, ont été rejetés à une grande majorité, soit à la chambre des pairs, soit à la chambre des députés;

» Considérant, dès lors, que le sel gemme doit être régi, quant à son exploitation, par les dispositions de la loi du 21 avril 1810, et que tout individu qui l'exploite sans concession préalable, encourt les peines portées par cette loi;

» En faits;

» Considérant qu'en 1828 le sieur Parmentier, en faisant des recherches pour découvrir de la houille, en sa qualité de concessionnaire d'une mine de houille située dans le territoire de la commune de Gouhenans, département de la Haute-Saône, a atteint un gîte de matières salifères au moyen d'une sonde qu'il a fait descendre jusqu'à environ 208 pieds de profondeur, et qu'aussitôt il s'est empressé de demander, à la date du 4 septembre 1828, une concession pour exploiter un banc de sel gemme, en indiquant la situation précise des couches salifères, qui, suivant sa propre déclaration, commençaient à 170 pieds au-dessous du sol, et présentaient une épaisseur de 20 à 30 pieds;

» Considérant que ce n'est que plus de deux ans après sa découverte, et lorsqu'il eut complétement échoué auprès du gouvernement, soit dans sa demande en concession, soit dans celle qu'il avait ensuite formée en indemnité comme inventeur du banc de sel gemme qu'il croyait avoir découvert le premier, que le sieur Parmentier a tout à coup annoncé et déclaré à l'administration qu'il se proposait d'exploiter une source d'eau naturellement salée qui,

selon lui, surgissait dans son fond au-dessous des couches salifères, à une profondeur d'environ 208 pieds;

» Considérant que cette découverte, si tardivement annoncée, a dû exciter d'autant plus de soupçon sur sa sincérité, que l'existence d'une source d'eau naturellement salée, à une telle profondeur au-dessous de deux couches épaisses de gypse, et surtout au-dessous même d'un banc de sel gemme annoncé par Parmentier lui-même, semblait, au gouvernement comme aux concessionnaires des mines de sel gemme pour les dix départemens de l'Est, entièrement contraire aux lois de la nature et à toutes les observations jusqu'alors recueillies;

» Considérant que ces soupçons ont dû se fortifier encore par l'existence d'un fait connu et qui n'a jamais été désavoué, c'est qu'il existe dans la direction des trous de sonde pratiqués par Parmentier, une source abondante d'eau douce à 60 pieds au-dessous du sol, resserrée entre les deux couches de gypse ci-dessus rappelées, et qu'il était facile de concevoir l'usage qu'on pourrait tirer de cette découverte pour l'exploitation des couches salifères intérieures;

» Considérant que le mode d'exploitation employé par Parmentier ajoute encore aux probabilités de l'emploi que l'on peut croire qu'il fait de l'eau douce, puisqu'il a été reconnu qu'après avoir placé dans le trou de sonde un tuyau de pompe qui descend à 180 pieds pour extraire, selon Parmentier, l'eau de la source naturellement salée, il s'est borné à creuser un puits de 30 pieds de profondeur seulement, afin d'y recevoir les eaux douces qui remontent le long du conduit de la pompe, et qui s'élèvent à 12 pieds dans le puits, de manière à se trouver à 18 pieds au-dessus du sol;

» Considérant que les lumières du simple bon sens démontrent que dans le cas où il existerait réellement une source d'eau salée, tous les efforts de Parmentier devaient tendre à isoler cette source du contact des eaux douces qui sourdaient au-dessus, et que cependant le contraire est arrivé, puisque l'état des lieux prouve qu'il existe une communication entre l'eau douce et le point duquel Parmentier retire de l'eau salée; que cette eau douce coule abondamment le long du tuyau intérieur par les intervalles qui existent entre ce tuyau et les parois du sol que

traverse le trou de sonde. Or, on pouvait obvier à ce grave inconvénient en creusant le puits à une profondeur de 30 pieds de plus pour arriver au point où gît la source d'eau douce, et à se rendre ainsi maître des eaux et de leur donner une autre direction ;

» Considérant que ce fait est déjà une forte présomption que Parmentier se sert volontairement de l'eau douce qu'il a découverte pour l'exploitation indirecte du sel gemme dont la concession lui a été refusée par le gouvernement ;

» Considérant qu'il est constant encore que, loin de repousser les eaux douces qui, par leur mélange avec de l'eau naturellement salée, doivent affaiblir le degré de saturation de cette dernière, Parmentier a, au contraire, facilité l'écoulement des eaux douces supérieures avec le pied du trou de sonde, en se servant, comme conduit de la pompe, de tuyaux cannelés extérieurement dans leur longueur pour frayer ainsi un passage plus facile à ces mêmes eaux ;

» Considérant que par cela seul il y aurait déjà une exploitation indirecte des couches salifères, puisqu'il est certain que le tuyau de pompe a son orifice inférieur à 180 pieds seulement au-dessous du sol, et se trouve ainsi placé au centre du banc de sel gemme dont Parmentier a donné lui-même la profondeur et l'épaisseur lors de sa demande en concession pour l'exploiter, et que l'eau douce venant à y séjourner par son écoulement sur les couches, s'y sature, et est ensuite extraite par la pompe, ce qui cause, dans tous les cas, un préjudice incontestable à la compagnie qui, depuis 1825, a la concession de l'exploitation de tout le sel gemme qui se trouve dans les dix départemens de l'Est, préjudice qui devient une atteinte à la propriété d'autrui et une contravention à la loi du 21 avril 1810 ;

» Considérant que si un hasard heureux a fait tomber les deux trous de sonde pratiqués dans le puits de Parmentier sur une source d'eau naturellement salée, il fallait qu'il comptât sur un bonheur bien plus extraordinaire encore pour espérer qu'il obtiendrait le même succès en se livrant à la dépense d'un troisième trou de sonde foré récemment par lui, à environ 40 ou 50 pieds des deux premiers ;

» Opération qui, assure-t-on, a trouvé des imitateurs également heureux dans les compagnies Prinet, Kaclein et Eliot, qui auraient effectué des sondages sur leurs fonds à une distance de 1,000 ou 1,200 mètres des lieux où s'opère aujourd'hui l'exploitation de Parmentier ;

» Considérant néanmoins que, tout invraisemblable que paraisse l'hypothèse où une source naturellement salée surgirait au-dessous des couches salifères à une profondeur de 208 pieds, ainsi que le soutient Parmentier, ce phénomène n'est pas matériellement impossible, qu'il suffit qu'il puisse rester quelque doute à cet égard pour que la cour, avant de prononcer sur une question de propriété aussi grave que celle qui lui est soumise, éprouve le besoin de s'entourer des lumières que les gens de l'art peuvent jeter sur la cause, en se livrant à des opérations encore plus concluantes que celles des premiers experts;

» Par ces motifs, la cour, sans s'arrêter aux conclusions prises en cette audience par Parmentier, se déclare compétente ; et avant rendre droit sur la plainte portée contre lui, et par conséquent de décider d'une manière définitive s'il est en contravention avec les dispositions de la loi du 21 avril 1810, ordonne, etc. » (Suit l'indication des noms des experts et des bases de la nouvelle expertise.)

Un pourvoi en cassation a été formé par M. Parmentier; il fut rejeté le 26 juillet 1833, sur ce motif que ledit pourvoi était prématuré et ne portait que sur une décision préparatoire.

Après plusieurs autres incidens, les experts ont terminé leurs vérifications ; ils ont démontré dans leur rapport que la saline de Gouhenans s'alimentait aux dépens du banc de sel gemme et en constituait une dissolution artificielle.

C'est dans ces conjectures que la cour royale de Lyon a statué en ces termes, par arrêt du 16 octobre 1834 :

« En ce qui touche le point de savoir si les mines de sel gemme sont comprises dans les trois grandes qualifications déterminées par la loi du 21 avril 1810, si l'exploitation en est soumise aux règles établies par cette loi, et si l'infraction à ces règles constitue une contravention punissable ;

» Attendu que, par son arrêt préparatoire du 14 mai 1833, la cour a formellement reconnu l'affirmative de ces questions; qu'après avoir développé les motifs de sa décision, elle a déclaré que le sel gemme doit être régi, quant à son exploitation, par la loi du 21 avril 1810; que l'exploitation sans concession préalable soumet aux peines portées par cette loi, et que c'est par suite de cette déclaration qu'une nouvelle expertise a été ordonnée;

» Attendu que la doctrine consacrée par les motifs de cet arrêt n'est elle-même que la consécration des principes établis par la cour de cassation dans son arrêt du 8 septembre 1832, puisque, appréciant sainement la loi du 6 avril 1825 d'après la discussion approfondie qui l'avait précédée dans les chambres législatives, cette cour a reconnu qu'en autorisant le gouvernement à concéder les mines de sel gemme dès que le domaine de l'Etat en aurait été mis en possession, conformément à la loi du 21 avril 1810, celle du 6 avril 1825, décidait que ces sortes de mines seraient concessibles; d'où la conséquence nécessaire que le pouvoir de concéder étant inhérent au droit de propriété, celle des mines de sel gemme est dévolue au domaine de l'Etat par la disposition de la loi du 21 avril 1810; dès lors la cour, qui persiste dans les motifs développés dans son arrêt du 14 mai 1833, et se les approprie au besoin, n'a plus à s'occuper qu'à reconnaître si l'expertise ordonnée par ledit arrêt, en a rempli le vœu;

» Attendu que les différentes vérifications prescrites aux experts ont toutes eu pour objet et pour but de reconnaître et de constater un fait unique : si Parmentier exploite une source naturellement salée, ou si, au contraire, l'eau salée qu'il extrait par le jeu des pompes de son établissement ne l'est pas par la dissolution artificielle d'un banc de sel gemme;

» Attendu que les experts ont unanimement constaté que des faits qu'ils ont recueillis, il résulte, avec certitude, que la saline de Gouhenans est uniquement alimentée aux dépens du sel gemme, et que la descente de l'eau douce est artificielle aussi bien que l'extraction de l'eau salée, et que ces conclusions, conformes à celles des premiers experts, confirment leur exactitude;

» Attendu que cet avis unanime des experts est d'autant plus convaincant, qu'il est le résultat d'un travail longue-

ment et mûrement élaboré, qu'il est fondé sur des expériences multipliées, et qui, variant suivant les différentes questions auxquelles elles s'adaptaient, ont, en définitive, toutes également concouru à manifester la vérité dont la recherche leur était imposée et qui n'avait point échappé à l'investigation des premiers experts; qu'ainsi la contravention imputée à Parmentier est pleinement justifiée;

» En ce qui touche les conclusions de M. le procureur du roi sur la confiscation des machines et autres ustensiles servant à l'exploitation de Parmentier et du sol déjà extrait:

» Attendu que le fait imputé à Parmentier ne constitue qu'une contravention; que l'art. 478 du Code pénal restreint la confiscation, soit des choses produites par la contravention, soit des matériaux ou des instrumens qui ont servi ou ont été destinés à la commettre, aux cas déterminés par la loi;

» Attendu que la loi du 21 avril 1810 n'ayant pas prononcé cette confiscation, il ne peut être suppléé au silence de cette loi;

» Par ces motifs et ceux énoncés en l'arrêt préparatoire du 14 mai 1833, la Cour statuant:

» Déclare Parmentier coupable d'avoir, sans concession préalable, exploité la saline de Gouhenans, et d'être ainsi contrevenu à l'art. 5 de la loi du 21 avril 1810;

» En conséquence, lui faisant application de l'art. 5 et de l'art. 96 de ladite loi,

» Le condamne en 500 fr. d'amende, et ordonne qu'il cessera immédiatement la continuation de ses travaux d'exploitation de ladite saline; donne, à M. le procureur du roi, acte de ses réserves faites au nom du domaine de l'état, pour toutes les actions en dommages-intérêts qu'il voudrait postérieurement exercer. »

M. Parmentier a demandé la cassation de cet arrêt et de celui du 14 mai 1833.

Il s'est de nouveau attaché à soutenir que les mines de sel gemme n'étaient point assujetties aux dispositions de la loi de 1810; puis, allant au devant de cette objection, que la Cour de cassation s'était déjà prononcée, par son arrêt de 1832, sur le principe de la concessibilité des mines de sel gemme, et que l'arrêt de la Cour royale de Lyon n'était que la reproduction de cette doctrine, il a prétendu que la question n'en était pas moins à décider dans la cause

actuelle ; que, quels que fussent les principes précédemment émis par la Cour suprême, on ne pouvait opposer l'exception de la chose jugée lorsque les parties revenaient devant cette Cour, et conformément aux degrés de juridiction, pour y débattre leurs intérêts et leurs droits.

Ainsi qu'on le voit, la Cour de cassation avait à décider la question de savoir si l'on pouvait revenir sur la chose jugée, alors que la Cour, saisie d'un renvoi, avait complétement partagé les principes posés dans l'arrêt de cassation en vertu duquel elle était intervenue, question grave et qui se présentait pour la première fois. Il n'est pas besoin d'insister sur le danger de la doctrine que soutenait à cet égard M. Parmentier. Aussi la cour de cassation, repoussant ses conclusions, l'a-t-elle déclaré non recevable dans son recours, par arrêt du 17 janvier 1835, conçu en ces termes :

« En ce qui touche le pourvoi du sieur Parmentier, contre l'arrêt du 14 mai 1833 :

» Attendu que la Cour royale de Lyon, chambre des appels de police correctionnelle, avait été compétemment saisie de la connaissance du fait imputé au sieur Parmentier, puisque ce fait constituait une contravention passible d'une peine correctionnelle, que par conséquent elle a pu légalement, sans commettre un excès de pouvoir et sans violer les règles de la compétence, ordonner, par son arrêt préparatoire du 14 mai 1833, une expertise qu'elle jugeait nécessaire à la décision du fond du procès ;

» La Cour rejette le pourvoi du sieur Parmentier contre l'arrêt du 14 mai 1833 ;

» En ce qui touche le pourvoi du sieur Parmeutier contre l'arrêt du 16 octobre 1834 ;

» Sur le premier moyen, tiré de la fausse application des art. 1, 2 et 5 de la loi du 21 avril 1810 et de celle du 6 avril 1825, en ce que l'arrêt attaqué a déclaré l'exploitation des mines de sel gemme soumise à l'obtention préalable d'une concession de la part du gouvernement ;

» Attendu que ce premier moyen n'est que la reproduction de la question élevée par le sieur Parmentier dans la cause actuelle devant la Cour de cassation, chambre criminelle, en 1832, et qu'elle a été résolue alors par l'arrêt du 8 septembre 1832, par ladite Cour, contre ledit sieur Parmentier ;

» Attendu que l'arrêt attaqué a adopté, sur ce moyen, la doctrine de l'arrêt de la Cour de cassation précité, et a

rejeté les moyens produits par le sieur Parmentier sur cette question ; que, dès lors, ce dernier ne peut être recevable à présenter et faire valoir le même moyen devant la Cour ;

» Par ces motifs, la Cour déclare Parmentier non recevable à cet égard ;

» Sur le second moyen, tiré d'un prétendu excès de pouvoir et de la fausse application des art. 2, 5 et 96 de la loi du 21 avril 1810, en ce que l'arrêt attaqué, en condamnant le sieur Parmentier comme coupable de contravention à l'art. 96 de ladite loi, a ordonné en même temps qu'il cessera immédiatement la continuation des travaux d'exploitation de la source de Gouhenans ;

» Attendu que l'arrêt attaqué déclare en fait que la saline de Gouhenans, exploitée par le sieur Parmentier, est uniquement alimentée aux dépens du sel gemme, et que la descente de l'eau douce dans cette saline est artificielle aussi bien que l'extraction de l'eau salée ; que, par conséquent, il a constaté formellement que le sieur Parmentier n'exploite pas une source d'eau naturellement salée, mais qu'au contraire l'eau salée qu'il extrait par le jeu des pompes de son établissement ne l'est que par la dissolution artificielle d'un banc de sel gemme, ce qui constitue le fait d'exploitation d'une mine de sel gemme, pour laquelle exploitation le sieur Parmentier, n'ayant pas obtenu du gouvernement une concession préalable, se trouvait passible des peines portées en l'art. 96 de la loi du 21 avril 1810 ;

» Attendu que l'arrêt précité, après avoir constaté et réprimé par l'application de la peine la contravention dont le sieur Parmentier était déclaré coupable, a dû prendre les moyens de faire cesser les effets de cette contravention, et qu'en ordonnant que le sieur Parmentier cessera immédiatement la continuation de ses travaux d'exploitation de ladite saline, l'arrêt n'a frappé que sur l'objet précis de la contravention, d'où il suit que cet arrêt ne renferme aucun excès de pouvoir, et qu'il n'a fait qu'une juste application des art. 2, 5 et 96 de la loi du 21 avril 1810 ;

» Par tous ces motifs, et attendu d'ailleurs la régularité de l'arrêt en la forme et l'application légale de la peine,

» La Cour rejette le pourvoi du sieur Parmentier contre l'arrêt de la Cour royale de Lyon, du 16 octobre 1834,

et le condamne en l'amende de 165 fr. envers le trésor public. »

Ce dernier arrêt a mis fin aux longs débats que l'on vient d'exposer. Il est ainsi décidé que les mines de sel gemme sont implicitement comprises parmi les substances minérales que la loi du 21 avril 1810 considère comme mines, et qui ne peuvent être exploitées qu'en vertu d'une concession délivrée par un acte d'administration publique.

En effet, la distinction fondamentale établie par la loi de 1810, pour la classification des substances minérales, ne résulte pas de la nature de ces substances, mais du mode d'exploitation qu'elles exigent. L'art. 1er l'énonce positivement : « Les masses de substances minérales ou fossiles renfermées dans le sein de la terre ou existant à sa surface sont classées, est-il dit dans cet article, relativement aux règles de l'exploitation de chacune d'elles, sous les trois qualifications de mines, minières et carrières. » Tel est le principe qui se trouve en tête de la loi et qui en domine toutes les autres dispositions. C'est d'après ce principe qu'elle veut que les minières soient réputées de véritables mines, et concédées comme telles lorsque leur exploitation rend nécessaire l'établissement de puits, galeries et travaux d'art, tandis qu'au contraire les gîtes de fer en filons ou en couches, que l'art. 1er classe au rang des mines, sont assimilés aux minières par les art. 68 et 69, lorsqu'ils peuvent être exploités à ciel ouvert. Lors donc qu'il s'agit de savoir à quelle catégorie doit appartenir une substance que la loi n'a pas nommée, ce sont les règles de l'exploitation qu'il faut consulter. L'énumération faite dans l'art. 2 est énonciative, non limitative. Elle a eu pour but, non de désigner chacune des substances qui appartiennent à la classe des mines, mais bien d'indiquer celles qui, à raison de l'exploitation actuelle, étaient considérées comme telles. Les termes de cet art. 2 le prouvent clairement ; ils portent : « Sont considérées comme mines celles connues pour contenir en filons, en couches ou en amas, etc..... » Ce sont bien là des expressions purement énonciatives, et qui n'impliquent nullement que toute autre substance, présentant les mêmes caractères, ne pourra pas être rangée dans cette classe. Le sel gemme, en France, n'existe qu'à de grandes profondeurs au-dessous du sol ; il ne peut être exploité qu'à l'aide de grands

travaux d'art; il offre donc tout ce qui caractérise une mine, et par conséquent, aux termes de l'art. 1[er] de la loi, il doit être compris parmi les mines.

Si le législateur ne l'a pas nommé dans l'art. 2, on n'en saurait conclure qu'il le considérât comme étranger à la classe des mines proprement dites, ou qu'il voulût le laisser à la libre disposition des propriétaires du sol; son dessein, au contraire, comme on le voit dans la discussion du conseil d'état, était de le soumettre à une législation encore plus restrictive lorsque sa présence en France serait constatée. Cette législation spéciale n'a point été faite; le sel gemme, une fois découvert, s'est donc trouvé naturellement placé sous la législation générale qui régit les substances minérales, car il est une de ces substances et doit nécessairement appartenir à l'une des divisions des mines, des minières ou des carrières. Or, sa disposition dans le sein de la terre, les règles de son exploitation, tout l'assimile complétement aux autres mines.

De plus, la loi du 6 avril 1825, en autorisant le gouvernement à concéder l'exploitation, à titre de régie intéressée, des mines de sel gemme existant dans les dix départemens qu'elle désigne, lorsque le domaine de l'état en aurait été mis en possession, *conformément à la loi du 21 avril* 1810, a, par cela même, reconnu que les mines de sel gemme étaient régies par cette dernière loi. La compagnie Parmentier objectait que la loi du 6 avril 1825 n'ayant statué que sur un objet particulier, sur une concession spéciale, n'avait pu remplir la lacune qui, selon elle, existerait dans la loi de 1810; le but de la loi de 1825 n'a pas été de remédier à cette prétendue lacune; elle repose au contraire sur le principe même de la concessibilité de ces sortes de mines, et ce principe, proclamé en cette occasion par le législateur, y a reçu une consécration qui le met hors de toute contestation. Les débats qui ont eu lieu, à cette époque, dans les deux chambres, prouvent manifestement que l'on a entendu que les mines de sel gemme étaient régies par la loi de 1810. Les amendemens qui tendaient à faire considérer cette loi comme n'étant pas applicable au sel gemme ont été repoussés, et la reconnaissance formelle de son application a, au contraire, été maintenue, après une mûre discussion, dans la loi de 1825, par l'énonciation précise qui en termine

les dispositions. Le législateur n'a donc pas seulement ici admis ou supposé, comme le prétendait la compagnie Parmentier, l'existence d'un fait et d'un droit, il l'a positivement consacrée. Il n'avait pas à créer ce fait et ce droit, puisqu'ils subsistaient déjà, mais à les reconnaître, et c'est ce qu'il a fait en les énonçant comme les bases mêmes de la loi. La question a été nettement posé devant lui, agitée, débattue; elle a été résolue de la manière la plus explicite, et par le rejet des amendemens, et par le maintien des termes dont on demandait la suppression. Les divers arrêts intervenus à cet égard ont parfaitement fixé les principes de la matière, en même temps qu'ils renferment une discussion approfondie de ces principes. Ils sont devenus ainsi une partie essentielle de la législation.

En ce qui concernait particulièrement l'entreprise de la compagnie Parmentier, elle était une contravention manifeste à la loi de 1825; les mines de sel gemme du département de la Haute-Saône, comme celles qui se trouvent contenues dans les neuf autres départemens, étant concédées en vertu de cette même loi, le concessionnaire seul avait le droit de les exploiter.

Du reste, ainsi que l'a remarqué le conseil général des mines, dans les avis qu'il a été appelé à donner sur cette importante affaire, c'est non-seulement le sel à l'état solide, mais aussi le sel à l'état liquide que l'on doit considérer comme constituant la propriété exclusive du concessionnaire, dès qu'une concession de sel gemme est accordée. Une concession de sel gemme comprend par le fait le sel pur, les roches salifères et les eaux salées qui peuvent y exister (1). Ces eaux, en effet, n'ont acquis leur salure qu'en séjournant dans la masse du banc de sel gemme, ou parce que, dans leur cours, elles ont filtré au travers des gîtes salifères qui en dépendent. La loi du 21 avril 1810, dans les art. 1, 5 et 29, donne au concessionnaire d'une substance minérale quelconque le privi-

(1) Nous avons déjà eu occasion d'exposer diverses considérations à ce sujet, en rapportant une ordonnance du 17 avril 1834, rendue au contentieux, et qui dispose que les sources ou puits d'eau salée ne sont point soumises à la patente, par le motif qu'elles sont, comme les mines de sel, susceptibles de concession. *V. Ann. des mines*, 3e série, tome VI, p. 568.

lége exclusif de l'exploiter dans le périmètre qui a été déterminé. Que cette substance soit amenée à l'état liquide, qu'elle soit arrachée par le pic, elle est toujours sa propriété. Quand les minerais sont solubles, il peut, il doit même les exploiter par dissolution, ce mode étant de tous le plus favorable aux travaux; et c'est ainsi, par exemple, qu'on n'a jamais contesté à des concessionnaires de mines de cuivre la possession des eaux sulfatées que ces gîtes renferment quelquefois. L'eau salée n'est, en définitive, qu'un minerai de sel; à ce titre, elle appartient au concessionnaire de la mine elle-même.

Quant à l'usine dans laquelle on fait évaporer, à l'aide de combustibles, les eaux salées que l'on a obtenues, ce genre d'ateliers a dû paraître rentrer dans la classe des usines qui, aux termes de l'art. 73 de la loi du 21 avril 1810, ne peuvent être mises en activité qu'en vertu d'une permission accordée par un règlement d'administration publique. De ce que cet article a réuni sous une seule dénomination les substances salines et pyriteuses, il ne s'en suit pas qu'il ait exclu de la règle qu'il a etablie toutes les substances qui n'offrent pas à la fois ces deux caractères. A la vérité, Fourcroy, en présentant, au nom de la section de l'intérieur, le projet de loi, déclara que l'article dont il s'agit ne concernait pas les salines; mais à cette époque, le même projet, par ses art. 111 et 112, attribuait au domaine la propriété des sources salées. Ce n'était donc point du texte même de l'art. 73 que résultait le sens restreint qu'on lui attribuait, mais bien des dispositions particulières des art. 111 et 112. Ces articles ayant été supprimés, on était, ce semble, fondé à en conclure que l'art. 73, qu'ils modifiaient, avait repris la généralité que comportent les termes dans lesquels il est conçu, et que le muriate de soude se trouvait ainsi compris dans cet article 73, comme tous les autres sels minéraux dont la préparation est faite en grand à l'aide de combustibles. L'instruction ministérielle du 3 août 1810, intervenue peu après la promulgation de la loi du 21 avril, et qui avait pour but d'en interpréter les dispositions, s'expliquait positivement sur ce point; la jurisprudence du conseil d'état avait aussi consacré la même doctrine. Toutefois, la Cour de cassation, dans son arrêt du 8 septembre 1832, en a jugé autrement.

Mais, en admettant même que la loi de 1810 ne puisse s'appliquer aux salines et aux sources naturelles d'eau salée, il ne s'ensuit pas que ces exploitations restent affranchies de la formalité des permissions, car alors cette loi, en ne statuant rien à cet égard, a laissé subsister la législation antérieure. Or, un arrêté du directoire exécutif, du 3 pluviôse an VI, porte expressément que tout propriétaire de salines ou d'eaux salées ne peut en faire l'exploitation qu'après en avoir obtenu la permission (1). Dans tous les temps, le gouvernement a senti qu'il était indispensable d'exiger une permission pour ces sortes d'entreprises; la nécessité d'une autorisation a subsisté même pendant que le sel était exempt d'impôt. Un arrêté du conseil des cinq cents, du 20 frimaire an V, rejeta les réclamations de plusieurs propriétaires, qui prétendaient trouver, dans le silence de la loi de 1791, relativement aux salines, le droit d'user, sans permission, des sources salées existant sur leur terrain. Un arrêté du directoire, du 22 germinal de la même année, applique les principes posés par celui du conseil des cinq cents, en accordant l'autorisation d'exploiter des sources salées dans le département de la Meurthe. Le 3 nivôse an VI, le directoire décida qu'aucuns transports, cessions, rentes ou autres actes translatifs de droits accordés pour l'exploitation des salines ne pourraient avoir d'effet qu'en vertu de l'approbation du gouvernement; d'où il résultait, à bien plus forte raison, qu'il fallait une autorisation semblable pour le premier établissement d'une usine de cette nature. On lit d'ailleurs, dans l'art. 3 de cet arrêté, que, faute par les concessionnaires ou leurs héritiers de s'être pourvus dans un certain délai, ils seront considérés comme exploitant sans permission ou concession. Une permission était donc nécessaire pour exploiter. C'est qu'en effet il était impossible de laisser hors de toute prescription légale une matière aussi importante, et qui touche par tant de points à l'économie publique.

---

(1) L'article 4 de cet arrêté porte que les salines non autorisées seront détruites, et charge les corps administratifs d'en empêcher l'exploitation par tous les moyens qui sont en leur pouvoir, même par la force armée, s'il est nécessaire. — L'exécution dudit arrêté est, aux termes de l'art. 6, confiée au ministre des finances.

L'autorisation doit être refusée là où il y a déjà concession. Nous rappellerons, à cet égard, deux décisions du ministre du commerce et des travaux publics, qui ont fait l'application des principes qu'on vient de poser. La première est relative à une demande des propriétaires de la saline de Saltzbronn, ayant pour objet d'obtenir l'autorisation de porter à quarante mille quintaux métriques la fabrication annuelle de cet établissement.

En autorisant le gouvernement à concéder les mines de sel existantes dans les dix départemens, dès que le domaine de l'état en aurait été mis en possession, conformément à la loi du 21 avril 1810, la loi du 6 avril 1825 avait implicitement réservé les droits antérieurs acquis à des tiers. MM. de Thon et compagnie se trouvaient dans cette position. Ils avaient, à diverses époques, exécuté des travaux sur la saline de Saltzbronn. Ce fut comme représentation de l'indemnité à laquelle ils pouvaient prétendre, aux termes de l'art. 46 de la loi du 21 avril 1810, de la part du domaine de l'état, devenu propriétaire desdites mines, qu'une ordonnance royale, du 28 décembre 1825, leur permit d'exploiter le puits salé de Saltzbronn, mais en limitant à vingt mille quintaux métriques, comme ils l'indiquaient eux-mêmes dans leur demande, la quantité de sel qu'ils pourraient fabriquer par année. Cette permission remplaçait ainsi l'indemnité en argent ou en nature que des propriétaires de mines doivent, d'après l'art. 46 précité de la loi de 1810, aux auteurs de recherches ou travaux faits antérieurement à la concession. Là s'arrêtaient leurs droits.

Autoriser une extension de fabrication, c'eût été porter atteinte à ceux du domaine, concessionnaire des mines et salines desdits départemens, ou à la compagnie qui a traité avec lui. Cette compagnie a seule la faculté d'extraire du sel dans l'étendue des dix départemens. Il n'a pu y avoir d'autre restriction à cet égard que celle qui résultait de circonstances antérieures, et, sur ce point, tout avait été définitivement réglé par l'ordonnance du 28 décembre 1825. Cet état de choses, établi par des actes souverains, ne pouvait donc être changé.

En conséquence, et sur le rapport du directeur général des ponts et chaussées et des mines, un arrêté du ministre du commerce et des travaux publics, en date du 4 décembre 1833, considérant :

« Qu'une mine de sel comprend le sel dans les états divers où il se trouve ;

» Que le domaine étant devenu concessionnaire des mines de sel existant dans les dix départemens, on ne pouvait, sans porter atteinte aux droits que cette concession lui a transmis, autoriser de nouvelles exploitations de sel dans l'étendue de ladite concession ;

» Que si l'ordonnance du 28 décembre 1825 a autorisé la fabrication de vingt mille quintaux métriques, cette autorisation résultait d'anciens titres auxquels il était juste d'avoir égard, mais qu'elle a dû et doit continuer à être renfermée dans ces limites; »

A rejeté la demande présentée par M. Dorr, au nom des propriétaires de la saline de Saltzbronn (1).

---

(1) Le puits salé de Saltzbronn, qui appartenait autrefois au domaine royal, fut vendu en l'an IX avec d'autres biens. Une discussion s'éleva peu de temps après sur la question de savoir s'il faisait réellement partie de la vente. Un décret du 19 avril 1806 décida que les sources en litige y étaient comprises, à la charge par les acquéreurs de se conformer pour l'exploitation aux dispositions des lois en vigueur. On a vu plus haut que l'autorisation d'exploiter fut accordée par une ordonnance royale du 28 décembre 1825 Cette autorisation a été maintenue par une autre ordonnance du 27 février 1829 qui a rejeté la réclamation formée par la compagnie des mines et salines de l'Est, se trouvant alors aux droits du domaine. Ainsi a été maintenue une possession ancienne à laquelle la concession de la mine de sel gemme faite en 1825 n'avait pu porter atteinte. D'un autre côté la jouissance des propriétaires devait être renfermée dans les limites de la chose vendue, et il leur était interdit d'empiéter de quelque manière que ce fût sur cette concession. La question s'est elevée de savoir si en faisant des sondages au fond du puits salé, en augmentant la profondeur de ce puits, ils sortaient de ces limites. Le conseil de préfecture de la Moselle a été appelé à interpréter à cet égard l'acte de vente de l'an IX. Il a rejeté cette demande d'interprétation par le motif que celle-ci avait déjà été donnée par le décret de 1806 et l'ordonnance de 1829. Le décret déclarait seulement que les sources salées existantes dans le puits de Saltzbronn faisaient partie de la vente. C'était la déclaration d'un fait, mais non des conséquences qui s'y rattachent. L'ordonnance avait prononcé uniquement sur le droit de propriété, en rejetant la réclamation dont cette propriété était l'objet. Les discussions réglées par ces actes n'étaient donc point de même nature que la question dont le conseil de préfecture avait été saisi, et qui consistait à savoir quelle était la consistance précise de la propriété vendue

L'autre décision, dont nous avons fait mention plus haut, a rapport à une demande de M. Hinzelin, propriétaire dans la commune de Juvelize, département de la Meurthe, ayant pour objet d'obtenir l'autorisation d'exploiter un puits salé qui existe sur son terrain.

« Indépendamment des considérations générales déjà développées, et qui s'opposaient à ce que la demande de M. Hinzelin fût publiée et affichée, il y avait, dans l'espèce, une autre circonstance non moins décisive : la commune de Juvelize, où le puits de M. Hinzelin est situé, se trouve à très-peu de distance de Moyenvic et de Dieuze; elle est aussi comprise dans l'un des arrondissemens affectés exclusivement aux salines de l'état par l'art. 3 de l'arrêté du 3 pluviôse an VI, arrêté qu'aucun acte subséquent n'a infirmé; sous ce point de vue, encore aucune permission d'exploiter ce puits ne pouvait être accordée.

Par ces divers motifs, la demande de M. Hinzelin devait être et a été rejetée. (Décision du 7 février 1834.)

USINES.

Lorsque le propriétaire d'une usine située sur un cours d'eau, n'a point exécuté les ouvrages que son titre de permission lui a prescrits dans un intérêt public, l'administration a le droit de mettre l'usine en chômage, alors même que le cours d'eau n'est ni navigable ni flottable.

Ce n'est qu'après la réception des travaux que les contraventions doivent être poursuivies devant les

---

en l'an IX. Il y avait donc lieu à interprétation nouvelle de l'acte relatif à cette vente. Un pourvoi a été formé par le ministre des finances contre l'arrêté du conseil de préfecture; et une ordonnance du 10 septembre 1835 (*V.* cette ordonnance, ci-après, page 63) en a prononcé l'annulation. Elle a de plus, quant au fond, interprété l'acte de vente de l'an IX et les actes postérieurs, en déclarant qu'il n'avait été vendu que les *sources naturelles d'eau salée qui peuvent jaillir dans les limites de la propriété*, à quelque profondeur que ces sources soient situées, mais que ces actes n'avaient conféré sur aucune portion de la mine de sel gemme concédée au domaine, *aucun droit d'exploitation, soit directe, soit par l'introduction d'eaux douces destinées à être converties en sources artificielles d'eau salée.*

tribunaux, conformément à l'art. 77 de la loi du 21 avril 1810.

En thèse générale, les contraventions en matière d'usines métallurgiques doivent, aux termes de l'art. 77 de la loi du 21 avril 1810, être déférées aux procureurs du roi, qui sont chargés de poursuivre les contrevenans devant les tribunaux de police correctionnelle. Mais quand l'usine est établie sur un cours d'eau, elle se trouve aussi, sous ce rapport, régie par les lois et règlemens de police relatifs aux cours d'eau, et leurs dispositions doivent lui être appliquées.

Lorsqu'il s'agit d'une rivière navigable ou flottable, l'autorité administrative, d'après la législation sur ces rivières, a le droit d'interdire les travaux, quels qu'ils soient, qui en gêneraient le libre cours, ou causeraient des inondations.

Si le cours d'eau n'est ni navigable ni flottable, l'autorité administrative peut elle également suspendre le roulement d'une usine, quand le propriétaire n'a pas exécuté les travaux d'art exigés par son titre de permission, en ce qui concerne le règlement d'eau.

La question a été résolue affirmativement par plusieurs arrêts de la Cour de cassation, où il s'agissait de patouillets et de lavoirs à mines. Elle a été décidée dans le même sens par le ministre de l'intérieur pour les usines métallurgiques proprement dites, à l'occasion de l'espèce suivante:

Madame veuve Lebon, propriétaire sur le ruisseau des Fontaines, dans la commune d'Orge (Haute-Marne), d'une forge qui a été autorisée par une ordonnance royale du 14 mai 1826, n'avait pas construit les ouvrages prescrits par cette ordonnance; elle élevait les eaux à une hauteur qui lui était interdite. En 1830 elle s'était adressée à l'autorité pour obtenir une modification dans le règlement d'eau; sa demande ne fut point accueillie, mais elle ne s'arrêta pas devant ce refus.

En 1833, sur les plaintes des riverains, le préfet de la Haute-Marne a pris un arrêté qui a prononcé la mise en chômage de l'usine jusqu'à ce que les travaux prescrits par l'ordonnance eussent été exécutés, et que les ingénieurs les eussent reçus dans les formes légales.

Madame Lebon s'étant pourvue contre cet arrêté, le

conseil général des ponts et chaussées (section de la navigation) a été d'avis que la requête fût rejetée.

En effet l'acte d'autorisation d'une usine n'est définitif et complet qu'à partir du moment où le procès-verbal de recollement qui doit être dressé, a constate l'accomplissement des conditions voulues. Jusques-là l'usine ne peut être mise en activité, et il appartient à l'autorité administrative d'assurer l'exécution des clauses portées au titre de permission. Aux termes de l'arrêté du directoire exécutif du 19 ventôse an 6, qui, par la généralité de ses expressions, et ainsi que l'a décidé la Cour de cassation, est applicable, quelle que soit la nature des cours d'eau, et d'après l'instruction du 19 thermidor suivant, laquelle a eu pour objet de pourvoir à l'exécution de cet arrêté, les ingénieurs sont chargés de surveiller l'accomplissement, dans le délai fixé, de tous les travaux autorisés sur les cours d'eau. et d'en constater l'achèvement. Il résulte des mêmes actes que faute par le propriétaire de s'être conformé aux obligations qui lui étaient imposées, l'autorisation peut être révoquée et les lieux remis à ses frais dans leur état primitif. Ainsi, l'exécution de l'ordonnance est commise à l'autorité administrative. Il appartient à celle ci, en tant que chargée de cette exécution, d'interdire le roulement de l'usine jusqu'à ce que les ouvrages prescrits aient été opérés Ce n'est qu'après que ces ouvrages sont terminés et que le recollement en est fait que l'on rentre dans la règle générale posée par l'art. 77 de la loi du 21 avril 1810, d'après laquelle les contraventions en matières d'usines métallurgiques doivent être déférées aux tribunaux. Toutefois, s'il y avait péril, dommage imminent pour l'intérêt public, l'administration conserverait encore son droit d'agir en vertu des lois des 12 et 20 août 1790, 6 octobre 1791, 19 ventôse an 6 et 14 floréal an 11.

Indépendamment de ces actions exercées dans un intérêt général, les tiers peuvent toujours poursuivre en leur propre nom, devant les tribunaux civils, la réparation du préjudice qu'ils éprouveraient des infractions commises par le propriétaire de l'usine. Ils pourraient même encore répéter devant ces tribunaux des dommages et intérêts contre le propriétaire, alors qu'il existerait un règlement d'eau pleinement exécuté, s'ils se trouvaient lésés par ce règlement; car un acte de ce genre n'est jamais fait que

sauf les droits des tiers et sous la réserve de ne point transmettre les eaux d'une manière nuisible.

Les principes ci-dessus n'ont rien qui ne se concilie avec les dispositions de la loi du 21 avril 1810. Cette loi n'a rien changé aux règles qui concernent les fleuves, rivières ou ruisseaux; par conséquent, dans toute affaire de ce genre, le régime des eaux est indépendant de la nature de l'usine, et reste assujetti aux règles ordinaires de la police des cours d'eau.

Cette doctrine se trouve consacrée par l'arrêté de M. le ministre de l'intérieur du 9 mars 1835, rendu sur le rapport de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, dans l'affaire qui vient d'être rappelée (1).

Enfin c'est d'après ces mêmes principes que, dans les ordonnances qui autorisent des établissemens d'usines, on insère maintenant, en outre des conditions particulières propres à l'espèce, les conditions suivantes :

« Le permissionnaire est tenu d'exécuter les travaux qui lui sont prescrits dans le délai de...... à dater du jour où la présente ordonnance lui aura été notifiée par le préfet.

» Après l'achèvement des travaux, il sera dressé, en triple expédition, un procès verbal de recollement par les ingénieurs en présence des parties intéressées. L'une de ces expéditions sera déposée à la mairie du lieu, l'autre dans les archives de la préfecture du département, et la troisième sera transmise au directeur général des ponts et chaussées et des mines.

» Dans le cas où le permissionnaire ne se conformerait pas dans l'exécution des travaux aux dispositions de la présente ordonnance, l'usine sera mise en chômage par un arrêté du préfet, et la révocation de l'acte d'autorisation sera poursuivie ainsi que de droit.

» Si, après que les travaux auront été exécutés et reçus par les ingénieurs, ainsi qu'il est dit ci-dessus, le propriétaire de l'usine ou ses ayant-cause venaient à enfreindre les dispositions de la même ordonnance, les contraventions seront poursuivies conformément à ce qui est prescrit par l'art. 77 de la loi du 21 avril 1810, sans préjudice de l'ap-

(1) Voir cet arrêté, p. 594.

plication des lois pénales relatives aux contraventions en matière d'usines. »

POLICE. — AMENDES.

Lorsqu'en matière de police il a été fait remise d'une amende par ordonnance royale, sans réserve expresse de la part attribuée aux agens de l'administration, ceux-ci ne sont point admissibles à en réclamer le payement.

L'art. 32 du décret du 23 juin 1806, relatif à la police du roulage, attribue un quart dans les amendes à celui des agens qui a constaté une contravention aux dispositions de ce décret.

Une ordonnance royale du 8 novembre 1830 ayant fait remise de toute amende de 100 francs et au-dessous, encourue à l'époque de sa promulgation, n'exceptant que les droits qui appartiendraient, comme dommages-intérêts ou dépens, aux particuliers, aux communes ou aux établissemens publics, plusieurs préposés se sont vus privés de la part qui leur revenait dans les amendes.

L'un d'eux, le sieur Aubau, a présenté une réclamation. Il soutenait que le décret du 23 juin 1806 constitue un droit acquis au profit des employés dès qu'ils ont dressé les procès-verbaux de contravention; qu'en conséquence il pouvait bien être fait remise de la portion des amendes qui revient au trésor, mais que l'on devait réserver la part afférente aux employés, parce qu'elle forme une partie de leur traitement.

Déjà la question avait été agitée à l'occasion d'une proposition de l'administration des domaines, ayant pour but d'excepter des remises accordées par l'ordonnance du 8 novembre 1830 la portion des amendes attribuée aux préposés; cette proposition ne fut point adoptée, par suite d'un avis du comité de l'intérieur du conseil d'état, du 16 novembre 1831. Le comité avait considéré que la part accordée aux employés dans certaines amendes n'est qu'une disposition administrative qui ne saurait leur attribuer des

droits directs indépendans de l'administration; que l'ordonnance du 8 novembre 1830, en accordant la remise de toute amende de 100 francs et au-dessous, ne réserve que les droits des particuliers, des communes et des établissemens publics, auxquels des dommages intérêts et des dépens auraient été alloués, et que cette réserve ne peut s'appliquer à la quote-part attribuée aux employés; que la remise accordée par cette ordonnance constitue un droit acquis pour ceux qu'elle concerne, et qu'il ne saurait y être introduit de restriction par une ordonnance postérieure; enfin, que si quelques employés se trouvent froissés dans leur intérêt par une semblable mesure, il appartient à l'administration seule d'apprécier les motifs d'équité qui pourraient engager à leur accorder une juste indemnité, en raison du zèle dont ils auraient fait preuve.

Les mêmes motifs ont fait rejeter la réclamation du sieur Auban (1)

Il y a dans ces motifs des principes qui ne tiennent pas seulement aux circonstances propres à l'espèce dans laquelle ces actes sont intervenus, et qui pourront trouver leur application dans d'autres circonstances. C'est par cette raison que nous avons cru devoir rapporter l'ordonnance relative à cette espèce. Ces principes sont : que la portion qui est attribuée dans des amendes aux préposés de l'administration n'est qu'une disposition administrative qui ne crée point un droit absolu et indépendant de l'administration; qu'elle peut être modifiée; que cette attribution, faite en leur faveur, ne porte que sur les amendes définitivement acquises au trésor public; qu'en conséquence, lorsque l'État a fait remise d'une amende et n'a point réservé leur quote-part, ils n'ont pas de répétition à exercer : il y a droit acquis pour les tiers au profit desquels l'ordonnance a été rendue, et il ne saurait y être apporté de restriction par une ordonnance subséquente.

(1) Ordonnance du 7 avril 1835. *Voy.* cette ordonnance, ci-après, p. 97.

MINES.

Toutes les questions relatives à des indemnités que les concessionnaires d'une mine auraient à payer à un tiers pour recherches ou travaux antérieurs à l'acte de concession, doivent être décidées par le conseil de préfecture du département où la mine est située.

Les expertises qui sont ordonnées par le conseil de préfecture sur cette matière, doivent être faites suivant les formes indiquées par le Code de procédure civil. Il n'est pas nécessaire que les parties assistent à la prestation de serment des experts, mais elles doivent recevoir sommation d'assister à l'expertise.— Le simple avis donné à un associé commanditaire ne satisfait point à la prescription de la loi.

MM. Bazouin et compagnie, concessionnaires des mines de Saint-Pierre-Lacour, dans le département de la Mayenne, avaient été condamnés par le conseil de préfecture de ce département, à payer à MM. Oudet et consorts une indemnité en raison d'anciens travaux opérés par ceux-ci antérieurement à l'institution de la concession.

Une expertise avait eu lieu, mais les parties n'avaient pas été présentes à la prestation de serment des experts, et n'avaient pas été mises en demeure d'assister à leurs opérations. Seulement, l'un des experts avait officieusement prévenu un associé commanditaire de la compagnie Bazouin, qui n'était pas muni des pouvoirs de cette compagnie.

MM. Bazouin et consorts se sont pourvus au conseil d'état en annullation de l'expertise et des arrêtés du conseil de préfecture de la Mayenne.

Ils soutenaient que le conseil de préfecture avait été incompétent; qu'aux termes de l'art. 17 de la loi du 21 avril 1810, l'acte de concession ayant *purgé* en faveur des concessionnaires tous les droits des propriétaires de la surface, des inventeurs ou de leurs ayant-cause, il ne pouvait plus y avoir lieu à des indemnités pour les travaux qui avaient été faits. Enfin ils attaquaient l'expertise par le mo-

tif qu'ils n'avaient pas été présens à la prestation du serment, ni été mis régulièrement en demeure d'assister à cette expertise.

Le grief d'incompétence a été rejeté, attendu que d'après l'art. 46 de la loi du 21 avril 1810, toutes les questions d'indemnités à payer par les propriétaires de mines à raison de recherches ou travaux antérieurs à l'acte de concession doivent être décidées par les conseils de préfecture; et que l'ordonnance qui a concédé les mines de Saint-Pierre-Lacour réserve expressément à la compagnie Oudet les indemnités qu'elle aurait à réclamer pour ses anciens travaux.

Le second grief, tiré de ce que les parties n'avaient pas assisté à la prestation du serment, a pareillement été jugé inadmissible, parce qu'aux termes de l art. 307 du Code de procédure civile il n'est pas nécessaire que les parties soient présentes à ladite prestation.

Mais le moyen de nullité qui résultait de ce que les parties n'avaient pas été appelées régulièrement à assister à l'expertise a été accueilli. On a considéré que, d'après l'art. 87 de la loi du 21 avril 1810, toutes les expertises à faire en exécution de cette loi, doivent être soumises aux dispositions du titre 14 du livre 3 du Code de procédure civile, et qu'aux termes du troisième paragraphe de l'art. 315 dudit code, les parties, lorsqu'elles n'ont pas été présentes à la prestation du serment, doivent recevoir sommation de se trouver aux jours et heures que les experts auront indiqués pour leurs opérations.

En conséquence une ordonnance royale du 24 juillet 1835 (1) a annulé l'expertise et l'arrêté du conseil de préfecture de la Mayenne, qui avait réglé les indemnités d'après le rapport des experts.

Par la même ordonnance, les parties ont été renvoyées devant ledit conseil de préfecture pour qu'il fût procédé à une expertise nouvelle.

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, p. 602.

MINES.

Les concessionnaires d'une mine ne peuvent la vendre par lots ou la partager sans une autorisation préalable donnée par un acte d'administration publique, dans les mêmes formes que la concession.

Les conventions contraires qu'ils auraient faites entr'eux ou avec des tiers, soit avant, soit depuis que la concession a été instituée, sont nulles et sans effet vis-à-vis du gouvernement. Elles ne peuvent donner lieu entre les parties contractantes qu'à des répétitions en dommages et intérêts, si, la demande de partage étant rejetée, l'obligation qui a été souscrite ne peut s'accomplir.

Toute division de la mine doit être refusée, lorsque cette division serait préjudiciable à l'aménagement et à la bonne exploitation du gîte, ou compromettrait la sûreté des hommes et des choses.

Le principe qu'une mine ne peut être vendue par lots ou partagée sans une autorisation du gouvernement avait déjà été posé par la loi de 1791; il a été formellement exprimé dans l'art. 7 de la loi du 21 avril 1810. Les concessionnaires ont la faculté de disposer en *bloc* de leur propriété; ils peuvent aussi s'adjoindre pour l'exploitation tels associés qu'il leur convient, et régler comme ils l'entendent leurs intérêts réciproques dans l'entreprise, mais ils ne peuvent partager la mine ni en diviser l'exploitation à moins qu'ils n'en obtiennent la permission. En effet, l'exploitation d'un gîte minéral, pour être bien conduite, doit être effectuée avec ensemble, par des travaux coordonnés entr'eux suivant les règles de l'art. Morceler le gîte, ce serait souvent compromettre son existence. Des extractions partielles et indépendantes les unes des autres, pourraient avoir des résultats funestes. L'intérêt public, qui est le but que le gouvernement se propose toujours en instituant une concession, devait faire interdire des divi-

sions de ce genre, ou du moins il voulait qu'on ne les permît qu'autant que, d'après l'examen des lieux, on n'y aurait point reconnu d'inconvéniens. C'est pourquoi la loi de 1810 a défendu que ces sortes de partages fussent faits sans autorisation.

Les stipulations de partage que les parties auraient faites, soit avant, soit depuis que la concession a été instituée, sont sans valeur vis-à-vis de l'autorité; elles ne peuvent se résoudre entre les contractans qu'en des dommages et intérêts, comme les obligations *conditionnelles* qui restent sans exécution.

L'espèce suivante a donné lieu d'appliquer les principes que l'on vient de rappeler.

Les concessionnaires des mines de houille de Gourd-Marin, dans le bassin de Rive-de-Gier, département de la Loire, avaient demandé que leur concession fût partagée en deux lots.

Ils exposaient que, d'après un ancien traité fait entr'eux et l'un des propriétaires du sol, ils s'étaient engagés à le faire participer au bénéfice de la concession en abandonnant l'exploitation de la houille contenue dans la portion du périmètre désignée sous le nom du *Petit-Gourd-Marin*. Ils avaient depuis long-temps des contestations avec ce propriétaire au sujet de ce traité : c'est pour les faire cesser qu'ils désiraient opérer le partage du terrain.

La demande a été publiée et affichée. Aucune opposition ne s'est élevée; ainsi il est à croire que son adoption n'aurait blessé aucun intérêt privé. Mais, sous le rapport du bon aménagement des mines, de la sûreté des travaux et de l'intérêt des consommateurs, les ingénieurs et le préfet ont pensé qu'elle ne pouvait être admise.

Le conseil général des mines a été du même avis. En effet, les couches du Petit Gourd-Marin offrent trop peu d'importance, sont circonscrites dans un territoire trop peu étendu pour qu'elles puissent former une concession distincte. Leur isolement des autres parties de la commission aurait inévitablement fait perdre beaucoup de massifs de houille qui pourront être exploités avec profit si l'extraction continue à se faire au moyen de travaux dirigés avec ensemble et coordonnés avec le reste de l'exploitation. En outre, cette division eût été dangereuse en ce

qu'elle aurait favorisé l'envahissement des eaux auxquelles sont exposées les mines de cette localité. Il y avait donc lieu de rejeter la demande des concessionnaires du Gourd-Marin. Ils ne pouvaient arguer du traité qu'ils avaient souscrit et qui stipulait ce partage de leur concession : la loi de 1791, sous l'empire de laquelle ce traité avait été passé, prohibait, comme l'a fait ensuite la loi de 1810, la division d'une concession sans l'autorisation du gouvernement. Ainsi, quelles que fussent les conventions dont il s'agissait, elles n'avaient pu constituer au profit des contractans un droit au partage, et l'action du gouvernement restait entière pour interdire dans l'exploitation de ces gîtes une division qui aurait compromis leur existence et la sûreté des travaux.

En conséquence, et conformément à l'avis du conseil général des mines et du directeur général des ponts et chaussées et des mines, une ordonnance royale du 21 août 1835 a rejeté la demande des concessionnaires des mines du Gourd-Marin (1).

MINES.

Une demande en concession de mine ne doit pas être publiée et affichée lorsqu'il n'y a point encore de gîte minéral découvert dans le périmètre que l'on indique, et que, par conséquent, l'on ignore s'il y aura matière à concession.

De nouveaux travaux de recherches sont, dans ce cas, un préliminaire indispensable.

On a vu dans des articles que nous avons publiés précédemment plusieurs décisions qui ont rejeté des demandes en concession de mines, parce que les gîtes qui en faisaient l'objet n'étaient pas suffisamment connus.

Pour instituer une concession de mines, il faut effectivement avoir des notions qui permettent d'en fixer les

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, p. 604.

limites, et d'en disposer de la manière la plus favorable à l'intérêt public.

Sans doute on n'a point à considérer si l'exploitation sera plus ou moins profitable au concessionnaire, si elle sera de nature à procurer des bénéfices : c'est là une question qu'il serait toujours difficile et souvent impossible de résoudre par avance. Il appartient à celui qui sollicite la concession de calculer les chances de l'entreprise qu'il veut former ; l'administration lui doit à cet égard des conseils, s'il les lui demande ; mais l'incertitude qui existerait sur le succès futur des travaux n'est point une cause de rejet ou d'ajournement.

Dans les espèces où sont intervenues les décisions que nous venons de rappeler, les demandes avaient été publiées et affichées, on avait donné cours à l'instruction locale, parce qu'il y avait effectivement une mine existante, et que ces demandes avaient par conséquent un but, un objet réel. Seulement, les renseignemens fournis sur le gisement et l'allure des couches ayant été trouvés insuffisans pour qu'on pût statuer en connaissance de cause, ces demandes ont été rejetées et les concessions ajournées.

Mais lorsque la présence de la mine est totalement inconnue, il n'y a pas même lieu à publier et afficher la demande, l'instruction ne doit pas être commencée. Sur quoi en effet porterait cette instruction, quel serait le but des affiches, puisque rien encore n'indique qu'un gîte minéral existe?

On ne doit point confondre les cas où il y a simplement lieu à entreprendre des travaux de recherches, et ceux où il s'agit de former une demande en concession. La loi a soigneusement distingué ce qui concerne la recherche et la découverte des mines, et ce qui est relatif aux demandes en concession. Elle établit d'abord les règles pour la recherche et la découverte de mines, et ce titre, elle l'intitule : *Des actes qui précèdent la demande en concession*, exprimant ainsi formellement que ces explorations préparatoires sont un préliminaire indispensable. Elle laisse à chacun la faculté d'opérer des recherches sur son sol ; elle veut que si l'on n'est pas propriétaire du terrain, et si l'on n'a point le consentement de celui à qui il appartient, on présente une demande pour obtenir une permission : c'est une demande de ce genre, et non une demande en con-

cations, on devrait s'en abstenir pour éviter les nombreux abus qu'elles peuvent entraîner (1).

De plus, des affiches ainsi faites avant le temps seraient presque toujours inutiles, parce que les demandeurs n'ayant encore aucune notion positive sur le périmètre à concéder, n'auraient pu donner que des indications incomplètes à ce sujet, et on serait ensuite obligé de recommencer de nouvelles affiches pour les terrains qui auraient été omis dans les premières publications

En attendant au contraire le résultat des travaux de recherches, on ne préjudicie à aucun intérêt. Si des fonds sont versés pour ces travaux, on sait qu'il y a des chances à courir; on s'y soumet en connaissance de cause, on obéit à une confiance personnelle et légitime, et non à la séduction d'un titre imaginaire. Les demandes, enregistrées à la préfecture, y restent déposées à leur date pour être reprises lorsque les explorations ont fait connaître qu'il existe une mine à concéder; et alors l'instruction à laquelle on procède n'est point illusoire; elle a un but, un objet certain.

C'est d'après ces considérations que, sur le rapport de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, M. le ministre de l'intérieur a décidé, le 10 novembre 1835, qu'il n'y avait pas lieu de publier et afficher une

(1) Robertson, dans son *Histoire de l'Amérique*, parle des artifices d'une certaine espèce d'hommes connus au Pérou sous le nom de *chercheurs*. « Ce sont communément des gens ruinés qui, se » prévalant de quelques connaissances en minéralogie, soutenus » par des manières insinuantes et par cette confiance particulière » aux hommes à projets, s'adressent aux personnes opulentes et » crédules, décrivent avec quelque vraisemblance et d'une ma» nière plausible les signes auxquels ils ont reconnu la veine riche » et nouvelle; ils produisent même, si on l'exige, un échan» tillon du métal qu'elle doit rendre, et vont jusqu'à affirmer » avec une assurance imposante que le succès est certain et » que la dépense n'est qu'une bagatelle : rarement ils manquent » de persuader On forme une société, chaque intéressé fournit » une petite somme, la mine est ouverte; le chercheur est seul » chargé de la direction de toutes les opérations; on rencontre » des difficultés imprévues, on demande de nouvelles sommes » d'argent ... » (*Histoire de l'Amérique*, t III, p. 161 et suiv.)

L'on a vu ailleurs qu'au Pérou beaucoup de ces *chercheurs* de mines.

demande qui avait été présentée par MM. Boca, pour obtenir, dans l'arrondissement d'Arras, la concession de mines de houille qui n'étaient point encore découvertes. Cette demande se présentait appuyée de titres recommandables; il s'agissait d'une entreprise sérieuse; mais si l'existence des mines était présumable, elle n'était pas constatée; dès lors il y avait lieu de suivre la règle qui ne fait point acception des personnes, et doit être la même pour tous.

ORDONNANCES DU ROI,

ET DÉCISIONS DIVERSES,

Concernant les mines, etc.

Arrêté du ministre de l'intérieur, du 9 mars 1835, relatif à une usine dont le propriétaire n'avait pas rempli les obligations prescrites par son titre de permission.

Le ministre secrétaire d'état au département de l'intérieur

Sur le rapport de M. le conseiller d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines,

Vu la demande présentée, le 26 décembre 1833, par madame veuve Lebon, tendant à obtenir la permission d'élever le niveau de la retenue de l'usine métallurgique qu'elle possède sur le cours d'eau des Fontaines, dans la commune d'Orge (Haute-Marne), à 17 centimètres au-dessus de la hauteur fixée par l'ordonnance royale du 14 mai 1826, qui a autorisé l'établissement de ladite usine;

L'affiche du 6 janvier 1834;

Les certificats de publications et affiches;

Les oppositions formées les 2 et 16 avril 1834, par un grand nombre de propriétaires riverains;

Les lettres de madame Lebon, des 27 mai et 1er décembre 1834;

Les rapports des ingénieurs des ponts-et-chaussées des 4 mai 1833, 28 août et 2 septembre 1834;

L'avis du préfet de la Haute-Marne, du 12 janvier 1835;

L'arrêté pris le 13 avril 1833 par ce magistrat, sur les plaintes des riverains, après un procès-verbal dressé par l'ingénieur en chef des ponts-et-chaussées, ledit arrêté prononçant la mise en chômage de l'usine, jusqu'à ce que les travaux prescrits par l'ordonnance du 14 mai 1826 aient été exécutés;

Les avis du conseil des ponts-et-chaussées (section de la navigation), des 3 janvier 1834 et 14 février 1835, concluant au rejet de la demande de madame Lebon et au maintien de l'arrêté du préfet;

Vu la décision du 26 août 1831, du ministre du commerce et des travaux publics, portant rejet d'une demande semblable qui avait été déjà formée par madame Lebon;

Vu les lois des 12 et 20 août 1790 et 6 octobre 1791;

L'arrêté du directoire exécutif, du 19 ventôse an 6;

L'instruction ministérielle du 19 thermidor suivant;

La loi du 21 avril 1810;

En ce qui concerne la demande de madame Lebon, en modification du règlement d'eau fixé par l'ordonnance du 14 mai 1826:

Considérant que pareille demande a déjà été rejetée par décision ministérielle, et qu'il n'est survenu depuis aucune circonstance qui puisse faire revenir sur cette décision; qu'il ressort au contraire de l'instruction à laquelle il a été procédé en dernier lieu, que les propriétés riveraines éprouveraient un grave dommage de toute disposition qui aurait pour objet d'exhausser la retenue de l'usine;

En ce qui concerne le chômage prononcé par le préfet:

Considérant que madame Lebon n'a point rempli les conditions que l'ordonnance du 14 mai 1826 lui prescrivait, pour garantir les riverains des inondations;

Qu'aux termes de l'instruction du 19 thermidor an 6, qui a eu pour objet de pourvoir à l'exécution de l'arrêté du 19 ventôse de la même année, les ingénieurs sont chargés de surveiller l'accomplissement de tous les travaux autorisés sur des cours d'eau, et de constater, après leur achèvement, qu'ils ont été opérés conformément à l'acte d'autorisation;

Que d'après la même instruction, faute par le propriétaire de s'être exactement conformé aux obligations qui lui étaient imposées, l'autorisation peut être révoquée et les lieux remis à ses frais dans leur état primitif;

Qu'il résulte de l'ensemble et de l'esprit de ces dispositions, auxquelles il n'a point été dérogé par la loi du 21 avril 1810, relative aux usines métallurgiques, que l'acte de permission d'une usine n'est définitif et complet, qu'a-

près qu'un procès-verbal de recollement a constaté l'accomplissement des formalités prescrites ;

Que jusque-là il appartient à l'autorité administrative d'assurer l'exécution de l'ordonnance de permission, en ce qui concerne le règlement des eaux, et par conséquent d'interdire le roulement de l'usine jusqu'à ce que toutes les conditions aient été remplies ;

Que c'est après que la réception des travaux a été faite et constatée par procès-verbal, qu'il appartient aux tribunaux seuls de réprimer les infractions qui auraient lieu, comme aussi de connaître des réclamations ou répétitions en dommages et intérêts que des tiers auraient à exercer, un règlement d'eau n'étant toujours fait que sauf les droits des tiers et sous la réserve de ne point transmettre d'une manière nuisible les eaux à ses voisins ;

Arrête ce qui suit :

Art. 1er. La demande de madame veuve Lebon, tendant à faire modifier le règlement d'eau qui a été fixé par l'ordonnance du 14 mai 1826, est rejetée.

Art. 2. L'arrêté du 13 avril 1833, par lequel le préfet de la Haute-Marne a prescrit la mise en chômage de l'usine, jusqu'à ce que les conditions énoncées au titre de permission aient été exécutées, est approuvé et continuera d'avoir son plein et entier effet.

Art. 3. Il est assigné à madame Lebon un délai de trois mois pour faire, sur le ruisseau des Fontaines, les ouvrages qu'elle est tenue d'exécuter aux termes du titre constitutif de son usine.

Si, à l'expiration de ce délai, qui courra à partir de la signification qui aura été faite, par huissier, à madame Lebon, de la présente décision, lesdits ouvrages ne sont point terminés, la révocation de l'acte d'autorisation sera poursuivie ainsi que de droit.

Signé A. Thiers.

Ordonnance du 7 avril 1835, portant que là où il a été fait remise d'amende sans réserve de la part du préposé saisissant, celui-ci n'est point fondé à en réclamer le paiement.

Louis-Philippe, roi des Français, à tous présens et à venir, salut,

Vu le décret du 23 juin 1806;

Vu l'ordonnance d'amnistie du 8 novembre 1830;

Considérant que si, aux termes de l'art. 32 du décret du 23 juin 1806, un quart dans les amendes appartient à celui des agens qui aura constaté les contraventions, cette attribution au profit des préposés ne porte que sur les amendes définitivement acquises au trésor public; que, dans l'espèce, l'amende a été remise par notre ordonnance du 8 novembre 1830, et que l'attribution aux employés n'a pas été réservée par ladite ordonnance, qui déclare seulement que l'amnistie ne pourra être opposée aux droits des particuliers, des communes et des établissemens publics, auxquels des dommages-intérêts et des dépens auraient été ou devraient être alloués;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. La requête du sieur Auban est rejetée.

Ordonnance du 15 juin 1835, portant remise aux concessionnaires des mines de houille de Schœnecken (Moselle) *de la redevance proportionnelle pendant dix années.*

Louis-Philippe, roi des Français, à tous présens et à venir, salut. Mines de houille de Schœnecken.

Vu la demande adressée au préfet de la Moselle, le 10 décembre 1834, par la compagnie propriétaire des mines de houille de Schœnecken, tendant à obtenir une nouvelle exemption de la redevance proportionnelle, pendant dix années, à partir du 1er janvier 1836;

Le rapport de l'ingénieur des mines, du 17 janvier 1835;

L'avis de l'ingénieur en chef des mines, du 25 du même mois;

La délibération du comité d'évaluation du département, du 7 février ;

L'avis du directeur des contributions directes, du 10 du même mois ;

Celui du préfet, du 16 dudit mois ;

L'avis du conseil général des mines, du 23 avril ;

Le rapport du conseiller d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, du 19 mai 1835, approuvé le même jour par notre ministre secrétaire d'Etat de l'intérieur ;

Vu les ordonnaces royales des 20 septembre 1820 et 16 juin 1830, qui ont accordé la remise de la redevance proportionnelle, depuis l'origine de la concession de Schœnecken jusqu'au 1er janvier 1836 ;

Vu l'article 38 de la loi du 21 avril 1810 ;

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des finances,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Il est fait à la compagnie propriétaire des mines de houille de Schœnecken, remise de la redevance proportionnelle, pendant dix années, à partir du 1er janvier 1836.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'Etat des finances est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 23 juin 1835, portant que M. Louis de Pourtalès, *comme représentant* MM. Courcelle, Brétillot *et* Marie Amét, *est autorisé à conserver et tenir en activité l'usine à fer qu'il possède sur la petite rivière de la* Baignotte, *dans la commune de* Baigne, *arrondissement de* Vesoul (Haute-Saône).

Usine à fer à Baigne.

La consistance de ladite usine est et demeure fixée comme suit :

Deux patouillets pour le lavage du minerai de fer,

Un haut fourneau pour la fusion de ce minerai,

Un feu d'affinerie pour la conversion de la fonte en fer.

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1835.

Ordonnance du 1er *juillet* 1835, *portant que l'ordonnance royale du* 20 *septembre* 1830, *qui a autorisé* M. Anatoile Pepin *à construire trois lavoirs de minerais de fer près le moulin de* Baslières, *commune de* Villerois-le-Bois *et* Baslières (Haute-Saône), *est et demeure rapportée*, M. Pepin *ayant renoncé au bénéfice de cette ordonnance.* — Lavoirs à bras à Villerois-le-Bois et Baslières.

Ordonnance du 8 *juillet* 1835, *relative aux usines de la* Jonquette (Ardennes).

(Extrait.)

Art. 1er. Les usines métallurgiques de la Jonquette, établies par M. Prosper Lamotte-Pirotte sur les territoires de Francheval et de Douzy, arrondissement de Sedan, département des Ardennes, sont autorisées ainsi qu'il suit, savoir : — Usines de la Jonquette.

La forge (commune de Francheval) se composant de deux feux d'affinerie au charbon de bois et de trois roues hydrauliques affectées au service d'une soufflerie, d'un marteau et de deux macquas ;

La platinerie (commune de Douzy) se composant d'un four d'affinage à la houille, d'une chaufferie d'affinage à la houille, d'un feu de chaufferie de platinerie et de martinets, de deux fours de chaufferie de platinerie et de trois roues hydrauliques affectées à une soufflerie, un marteau et deux martinets.

Art. 8. M. Lamotte-Pirotte sera tenu d'avoir un compte ouvert au bureau de la douane de Francheval, pour y déclarer l'entrée des fers et fontes à traiter dans les usines et la sortie des fers ouvrés. Il se soumettra aux recensements et aux visites des employés des douanes,

toutes les fois que leurs chefs jugeront ces recensemens et visites utiles dans l'intérêt du service.

Ordonnance du 8 *juillet* 1835, *relative à la concession des mines de houille de* Bouquiès *et* Cahuac (Aveyron).

(Extrait.)

Mines de houille de Bouquiès et Cahuac.

Art. 1er. La concession de *Bouquiès* et *Cahuac*, département de l'Aveyron, accordée par notre ordonnance du 2 janvier 1832, à M. Louis-Didier Lecour, est augmentée d'une étendue superficielle de 1 kilomètre 80 hectares.

Cet accroissement de concession est limité ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance :

Au sud, par la rive gauche du Lot, depuis le roc de la Ramade jusqu'à l'extrémité occidentale de Livignac;

A l'ouest, par une ligne droite tirée de ce dernier point jusque sur la rive droite du Lot, au lieu où commence le chemin qui mène à Livignac-le-Haut;

Au sud-ouest, par ledit chemin, puis par la rue qui traverse de l'ouest à l'est le village de Livignac, en passant devant l'église, et ensuite par le chemin de Livignac au port Lacombe, jusqu'au point seulement où ce chemin rencontre la rive droite du Lot, ladite traverse et le dit chemin servant de limite commune avec la concession dite de Saint-Santin et de Latapie;

Au nord et à l'*est*, à partir du dernier point, par la rive droite du Lot jusqu'à la rencontre d'une ligne tirée du roc de la Ramade au château de Marcenac, et enfin par l'extrémité méridionale de cette ligne.

Par suite de cet accroissement, la superficie totale de la concession des mines de houille de *Bouquiès* et *Cahuac* est de 5 kilomètres carrés, 10 hectares.

Art. 2. Le concessionnaire demeure assujetti à toutes les dispositions contenues dans l'ordonnance du 2 janvier 1832; il sera, en outre, soumis aux clauses et conditions insérées dans la présente ordonnance, ainsi que dans le cahier de charges y annexé, lequel est substitué à l'ancien.

Cahier des charges relatif à la concession des mines de houille de BOUQUIÈS *et* CAHUAC.

(Extrait.)

Art. 6. Dans le cas où les travaux projetés par le concessionnaire, devraient s'étendre sous la rivière du Lot, ou à une distance de ses bords moindre de dix mètres, ces travaux ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une autorisation du préfet, donnée sur le rapport de l'ingénieur des mines, après que toutes les parties auront été entendues et que le concessionnaire aura fourni la caution d'indemnité, exigée en pareil cas par l'article 15 de la loi du 21 avril 1810.

Les contestations relatives à la caution ou à l'indemnité seront portées devant les tribunaux et cours, conformément audit article.

L'arrêté du préfet, qui autorisera s'il y a lieu les travaux, pourra ordonner au concessionnaire d'encaisser le lit du Lot dans un lit de glaise, de manière à ne permettre aucune infiltration, et de murailler solidement, ou de remblayer complétement les excavations souterraines, si la nature du sol ou le peu de profondeur de ces excavations, doit faire redouter des affaissemens.

L'autorisation pourra même être refusée s'il est reconnu que, malgré de semblables précautions, les travaux pourraient compromettre la conservation du Lot ou des édifices et constructions qui en dépendent, ou amener l'inondation de la mine.

Ordonnance du 16 *juillet* 1835, *portant concession des mines de manganèse de* LA FÉRONNIÈRE (Aude).

(Extrait.)

Mines de manganèse de La Féronnière

Art. 1er. Il est fait à MM. Jean-François Mouisse et Raymond Salvaire, concession des mines de manganèse comprises dans les limites ci après définies, communes de Bouisse, Arques et Valmigères (Aude).

Art. 2. Cette concession, qui sera désignée sous le nom de *La Féronnière*, comprend une étendue superficielle de

4 kilom. 95 hect. Elle est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance:

Au *nord*, par une ligne droite menée du clocher de Valmigères au Pla de Poulard-Viel;

A l'*est*, par une ligne menée de ce dernier point à l'angle nord-ouest du bâtiment indiqué au plan, comme formant l'extrémité nord-ouest du hameau du Col de Périès;

Au *sud*, par une ligne droite, tirée de ce dernier point à l'angle sud-ouest du bâtiment indiqué au plan, comme formant l'extrémité nord-ouest du hameau dit *Franbaste*;

A l'*ouest*, par une ligne tirée de ce dernier point au clocher de Valmigères, point de départ.

Art. 5. Les concessionnaires paieront aux héritiers ou ayant-droit légitimes de feu Jean-Pierre Avy, en exécution de l'art. 16 de la loi précitée et à titre d'indemnité pour l'invention des mines de manganèse de La Féronnière, la somme de 8,000 fr.; cette somme sera soldée par eux dans le délai de cinq ans, à partir de la date de la présente ordonnance de concession, par cinquième, d'année en année et sans bonifications d'intérêts.

Ordonnance du 24 juillet 1835, portant annulation d'une expertise et d'un arrêté du conseil de préfecture de la Mayenne, relatif à la mine de Saint-Pierre-Lacour.

Mines de St.-Pierre-Lacour.

Louis-Philippe, roi des Français, à tous présens et à venir, salut.

Vu la requête à nous présentée au nom des sieurs Pierre-Martin Bazouin, Jean-François-René Collet, Joseph Paillard, Dubignon et Jacques Triger; ladite requête enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'Etat, le 17 mai 1832, tendant à ce qu'il nous plaise annuler les arrêtés du conseil de préfecture de la Mayenne, en date des 26 avril et 6 décembre 1831; ce faisant, décharger les exposans des condamnations prononcées contre eux et condamner les défendeurs aux dépens;

Vu les arrêtés attaqués;

Vu le rapport des experts, du 3 juin 1831;

Vu le mémoire ampliatif des exposans;

Vu le mémoire en défense, produit par les sieurs Jacques Oudet, Bastien Berthois, Berthois, officier en retraite, Chardon, Durand Laporte, Théophile Hubert, Raoul, notaire, et de Rocheplatte, tendant à ce qu'il nous plaise rejeter le pourvoi de la compagnie Bazouin et la condamner aux dépens;

Vu l'art. 46 de la loi du 21 avril 1810;

Ouï Me Dallos, avocat des sieurs Bazouin et consorts;

Ouï Me Scribe, avocat des sieurs Oudet et consorts;

Ouï M. d'Haubersaert, maître des requêtes, remplissant les fonctions du ministère public;

En ce qui touche l'incompétence du conseil de préfecture:

Considérant qu'aux termes de l'art. 46 de la loi du 21 avril 1810, toutes les questions d'indemnités à payer par les propriétaires de mines, à raison de recherches ou travaux antérieurs à l'acte de concession, doivent être portées devant les conseils de préfecture;

Considérant que l'indemnité qui peut être due à la compagnie Oudet, pour les travaux et ouvrages qu'elle a faits sur la mine de Saint-Pierre-Lacour antérieurement à l'acte de concession faite à la compagnie Bazouin, a été expressément réservée par l'art. 4 dudit acte de concession, qu'ainsi il ne saurait y avoir lieu à appliquer, quant à ladite indemnité, l'art. 17 de la loi du 21 avril 1810;

En ce qui touche l'arrêté du 26 avril 1831:

Considérant qu'en reconnaissant le principe d'une indemnité due pour les travaux utiles, qu'aurait pu pratiquer sur la mine la compagnie Oudet, avant l'acte de concession, le conseil de préfecture a fait une juste application des lois de la matière;

En ce qui touche l'arrêté du 6 décembre 1831:

Considérant qu'aux termes de l'art. 87 de la loi du 21 avril 1810, toutes les expertises à faire en exécution de ladite loi, doivent être soumises aux dispositions du titre 14 du livre 3 du Code de procédure civile, à partir de l'art. 303 jusqu'à l'art. 323;

Sur le grief résultant de ce que les parties n'auraient pas assisté à la prestation de serment des experts;

Considérant qu'aux termes de l'art. 307 du Code de procédure, il n'est pas nécessaire que les parties soient présentes à ladite prestation;

Sur le grief résultant de ce que les parties n'auraient pas été mises en demeure d'assister à l'expertise :

Considérant qu'aux termes du troisième paragraphe de l'art. 315 dudit code, les parties, lorsqu'elles n'ont pas assisté, lors de la prestation du serment des experts, à l'indication du jour de leur opération, doivent recevoir une sommation à se trouver aux jour et heure indiqués par les experts ;

Considérant que, dans l'espèce, l'avis donné par l'un des experts au sieur Guesdon, du jour au lendemain, sans qu'il apparaisse de pouvoirs spéciaux qui lui eussent été donnés à cet effet, n'a point satisfait au vœu dudit art. 315 ;

Que les sieurs Bazouin et consorts n'ont été représentés à ladite expertise que par un associé commanditaire, qu'ainsi il y a lieu, de ce chef, d'annuler l'opération des experts ;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. L'expertise constatée par le rapport d'experts, en date du 3 juin 1831, et l'arrêté du conseil de préfecture de la Mayenne, en date du 6 décembre 1831, sont annulés.

Art. 2. Les parties sont renvoyées devant ledit conseil de préfecture pour être procédé à une nouvelle expertise, en conformité de l'arrêté dudit conseil, en date du 26 avril 1831, toutes parties présentes, ou elles dûment appelées.

Art. 3. Les dépens sont compensés.

Art. 4. Notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'Etat de la justice et des cultes, et notre ministre secrétaire d'Etat au département de l'intérieur sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 21 août 1835, portant rejet de la demande en division de la concession des mines de houille de GOURD-MARIN (Loire).

Mines de houille de Gourd-Marin.

LOUIS PHILIPPE, roi des Français, à tous présens et à venir, salut.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'Etat de l'intérieur ;

Vu la demande présentée au préfet de la Loire, le 10 janvier 1810, par les concessionnaires des mines de houille de Gourd-Marin, tendant à obtenir le partage de leur concession en deux lots, l'un de 18 hectares de superficie, et l'autre de 14 hectares ;

Le plan à l'appui ;

L'affiche du 1er juin 1833 ;

Les certificats de publications et affiches ;

Les rapports des ingénieurs des mines, des 8 et 25 octobre 1834 ;

L'avis du préfet, du 13 novembre suivant ;

L'avis du conseil général des mines du 1er juin 1835 ;

Vu l'art. 7 de la loi du 21 avril 1810, dont le dernier paragraphe est ainsi conçu :

« Une mine ne peut être vendue par lots ou partagée sans une autorisation préalable du gouvernement, donnée dans les mêmes formes que la concession. »

Considérant que la concession du Gourd-Marin n'offre pas une assez grande étendue, pour qu'elle puisse devenir l'objet de deux concessions distinctes ;

Que la division demandée serait contraire au bon aménagement des gîtes de cette concession, et qu'en détruisant l'ensemble qu'il importe de maintenir dans l'exploitation, elle compromettrait la sûreté des hommes et des choses ;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. La demande des concessionnaires des mines de Gourd-Marin (Loire), est rejetée.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'Etat au département de l'intérieur, est chargé de l'exécution de la présente, qui sera insérée par extrait au Bulletin des lois.

Ordonnance du 21 août 1835, portant remise d'amendes.

Bocard situé à Biencourt.

Louis-Philippe, roi des Français, à tous présens et à venir, salut.

Vu la requête présentée par les sieurs Joseph Drôme, Florentin Thomas, Jean Bertrand, Paul Simonet et Jules Rousselet, ouvriers, demeurant à Biencourt, département de la Meuse; cette requête tendant à ce qu'il leur soit fait remise de l'amende de 100 fr., à laquelle chacun d'eux a été condamné par jugement du tribunal correctionnel de Bar-le-Duc, du 17 avril 1835, pour avoir travaillé dans un bocard non autorisé, qui appartient dans cette commune à MM. Paillot et de Lambel;

L'avis du préfet de la Meuse, du 17 juillet 1835, concluant à ce qu'il soit fait remise de ladite amende, en raison des motifs d'excuse qui résultent des faits particuliers à l'espèce;

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'État de l'intérieur,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. 1er. Il est fait remise aux sieurs Drôme, Thomas Bertrand, Simonet et Rousselet, remise de l'amende prononcée contre eux par le jugement du tribunal correctionnel de Bar-le-Duc, du 17 avril 1835.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur et notre ministre des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 28 août 1835, portant concession des mines d'anthracite de PRUNIÈRES (Isère).

(Extrait.)

Mines d'anthracite de Prunières.

Art. 1er. Il est fait à M. Louis-Étienne Badier, concession des mines d'anthracite comprises dans les limites ci-après définies, commune de Prunières, arrondissement de Grenoble, département de l'Isère.

Art. 2. Cette concession, qui sera désignée sous le nom de *concession de Prunières*, embrasse une étendue de trois kilomètres carrés, 74 hectares; elle est bornée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à l'ordonnance de la concession des Chuzins, savoir:

Au nord, par une suite de lignes droites formant limite commune aux concessions de Prunières et Chuzins, par-

tant du pont de la Maladerie et allant au sommet du rocher de Simons; de ce point au sommet du rocher de la Chapelle, et du rocher de la Chapelle se dirigeant sur le sommet du rocher de la Scia-des-Land, mais seulement jusqu'à l'intersection au point K' du plan, avec une ligne droite allant du Sens-des-Oraisons au rocher de la Crouillonne;

A l'ouest, par ladite ligne droite, allant du point K' au au rocher de la Crouillonne;

Au sud, par une ligne droite allant du rocher de la Crouillonne au centre du village de Prunières, et par le ruisseau de Prunières jusqu'à sa rencontre avec la rivière de la Souche;

A l'est, par la rivière de la Souche, depuis l'embouchure du ruisseau de Prunières jusqu'au pont de la Maladerie, point de départ.

Art. 6. Il (le concessionnaire) paiera, en exécution de l'art. 16 de la loi du 21 avril 1810, et à titre d'indemnité pour l'invention des mines, à M. Henri Giroud, qui a été substitué aux droits des inventeurs, la somme de 2,500 francs, suivant la convention passée entr'eux le 9 octobre 1834.

Ordonnance du 28 août 1835, portant concession des mines d'anthracite des Chuzins (Isère).

(Extrait.)

Mines d'anthracite des Chuzins.

Art. 1er. Il est fait à M. Henri Giroud, concession des mines d'anthracite comprises dans les limites ci-après définies, commune de Surville, arrondissement de Grenoble, département de l'Isère.

Art. 2. Cette concession, qui sera désignée sous le nom de *concession des Chuzins*, embrasse une étendue de 2 kilomètres carrés, 81 hectares; elle est bornée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance :

Au nord, par une suite de lignes droites partant du centre du village de Villaret et allant au centre du hameau de Versennas; de ce point au centre du hameau de a Sauzie; de ce point au centre du hameau des Merlins;

et de ce point à Brame-Farine ; lesdites lignes droites formant partie de la limite sud de la concession du Peychagnard, instituée par ordonnance du roi du 27 novembre 1816 ;

A l'ouest, par une ligne droite allant de Brame-Farine au rocher de la Scia-des-Land ;

Au sud, par trois lignes droites allant du rocher de la Scia-des-Land au rocher de la Chapelle ; de ce point au rocher de Simons, et de ce point au pont de la Maladerie, lesdites lignes formant limite commune à la concession des Chuzins et à la concession de Prunières ;

A l'est, par le chemin de la Fentinière à Lamure, depuis le pont de la Maladerie jusqu'au centre du village de Villaret, point de départ.

Usines de Maizières.

Ordonnance du 5 *septembre* 1835, *portant abrogation, d'après la renonciation des parties, de la disposition de l'ordonnance du* 26 *novembre* 1823, *qui autorisait l'établissement, dans les usines de* Maizières (Haute-Saône), *de deux fours à réverbère pour l'affinage de la fonte, d'une machine à cylindre, avec un four à réverbère, pour la conversion des barres en tôle et en cercles, d'une machine à bobines pour la fabrication du fil de fer.*

Patouillet à Lavigney.

Ordonnance du 5 *septembre* 1835, *portant que* M. Balthazard Mongenet *est autorisé à mettre en activité le moulin dit* Goblet, *qu'il possède sur le ruisseau de* Lavigney, *dans la commune de ce nom, arrondissement de* Vesoul (Haute-Saône), *et à établir près de ce moulin et sur la même tête d'eau un patouillet pour le lavage du minerai de fer.*

Les articles 9 et suivans portent que M. Mongenet établira des bassins d'épuration qui seront munis de digues filtrantes, etc., etc.

Ordonnance du 5 septembre 1835, portant que MM. PARAVICINI *et compagnie sont autorisés à transformer en feu d'affinerie destiné à la conversion de la fonte en fer, le feu de martinet de l'usine de* SAINT-PIERRE, *située sur le ruisseau de* LUCELLE, *commune de* LUCELLE (Haut-Rhin). Usines de St.-Pierre de Lucelle.

(Extrait.)

Art. 8. Ils devront présenter au bureau des douanes de Lucelle, pour y être pris en compte, tous les transports des fontes destinées à l'usine de Saint-Pierre.

Ordonnance du 5 septembre 1835, portant que M LAREILLET *est autorisé à mettre en activité : 1° le feu de grosse forge ordinaire qui a été construit dans l'usine dite* D'EN HAUT, *commune d'*ICHOUX (Landes), *en remplacement d'un ancien martinet à cuivre, lequel demeure supprimé ; 2° le laminoir avec deux fours à réverbère alimentés avec de la tourbe, qui existe à la forge dite* D'EN BAS, *même localité.* Forges d'Ichoux.

Ordonnance du 10 septembre 1835, portant que la vente faite en l'an IX, des puits salés de SALTZBRONN, *comprend la propriété des sources naturelles d'eau salée à toute profondeur dans les limites de la propriété vendue, mais qu'elle ne leur a conféré aucun droit sur la mine de sel gemme, concédée en* 1825.

LOUIS-PHILIPPE, roi des Français, à tous présens et à venir, salut,

Sur le rapport du comité de législation et de justice administrative :

Vu le pourvoi à nous présenté par notre ministre des finances et enregistré au secrétariat général de notre conseil d'état, le 8 février 1834, et tendant à ce qu'il nous

plaise annuler un arrêté du conseil de préfecture du département de la Moselle, du 8 novembre 1833; ce faisant, déclarer que le puits salé de Saltzbronn, vendu par l'état, le 14 germinal an IX, n'avait, au moment de la vente, qu'une profondeur de 30 pieds; que son diamètre, à partir du sol jusqu'à 20 pieds de profondeur, était d'environ 13 pieds 9 pouces; qu'au-dessous il était réduit à environ 7 pieds en carré sur environ 10 pieds de profondeur; que la galerie à peu près horizontale qui amenait l'eau salée au niveau du fond de la première partie du puits à 20 pieds de profondeur, n'avait que quelques toises de longueur;

Vu ledit arrêté attaqué;

Vu le mémoire en défense présenté au nom des sieurs de Thon, Dorr et compagnie, propriétaires du puits salé de Saltzbronn, enregistré au même secrétariat, le 5 juillet 1834, par lequel les exposans concluent à ce qu'il nous plaise rejeter le pourvoi de notre ministre des finances, déclarer en conséquence sa demande en interprétation non recevable et mal fondée;

Vu l'acte de vente nationale du domaine du haras de Saralbe, en date du 14 germinal an IX, comprenant ledit puits salé de Saltzbronn;

Vu le procès-verbal d'expertise dudit domaine, du 14 ventôse an IX et jours suivans;

Vu le décret du 19 avril 1806, rendu pour l'interprétation dudit acte de vente;

Vu l'ordonnance royale du 28 décembre 1825, portant autorisation auxdits sieurs de Thon d'exploiter, sous certaines conditions, ledit puits salé dont ils sont propriétaires;

Vu l'ordonnance intervenue le 25 février 1829 et l'opposition formée à la précédente ordonnance par la compagnie concessionnaire des mines de sel de l'est;

Vu la lettre de notre ministre des finances, du 2 mars 1835, ensemble le nouveau rapport fait au conseil de l'administration des domaines, dans sa séance du 17 février 1835, ladite lettre et ledit rapport enregistrés audit secrétariat, le 3 mars 1835;

Vu le mémoire en réplique produit au nom des sieurs de Thon et compagnie, ledit mémoire enregistré au même secrétariat général, le 9 juin 1835;

Vu la lettre de notre ministre des finances, en date du 3 août 1835, et le rapport fait au conseil de l'administra-

tion des domaines, le 21 juillet précédent, ladite lettre et ledit rapport enregistrés audit secrétariat, le 4 août 1835, et contenant réplique au dernier mémoire publié par les sieurs de Thon, Dorr et compagnie;

Vu toutes les pièces jointes au dossier;

Vu la loi du 21 avril 1810 et celle du 6 avril 1825;

Ouï Me Teste-Lebeau, avocat de l'administration des domaines;

Ouï Me Chauveau-Lagarde, avocat des sieurs de Thon et compagnie;

Ouï M. d'Haubersaert, maître des requêtes, remplissant les fonctions du ministère public;

Sur les fins de non recevoir :

Considérant que les conclusions prises au nom de l'administration des domaines devant le conseil de préfecture, tendaient à obtenir l'interprétation de l'acte de vente nationale, du 14 germinal an IX, que l'Etat a intérêt à obtenir et que notre ministre des finances a qualité pour nous demander ladite interprétation;

Considérant que l'ordonnance royale du 25 février 1829, a statué entre les sieurs de Thon et consorts et la régie des salines et mines salées de l'est, sur une contestation différente et relative à l'étendue et aux limites de la concession de la mine de sel gemme, faite par la loi du 6 avril 1825;

Que le décret du 19 avril 1808 n'a interprété l'acte de vente nationale, du 14 germinal an IX, qu'en ce qui concerne la propriété en fonds et superficie du puits salé de Saltzbronn, mais n'a pas statué sur la question de limites élevée par l'administration des domaines;

D'où il suit que ces décret et ordonnance ne font point obstacle à l'interprétation demandée;

Au fond :

Considérant que les actes administratifs qui ont préparé et consommé la vente nationale du 14 germinal an IX, ont aliéné aux auteurs des sieurs de Thon et consorts, les sources naturelles d'eau salée qui peuvent jaillir dans les limites de la propriété vendue, à quelque profondeur que lesdites sources soient situées;

Mais que lesdits actes ne leur ont conféré, sur aucune portion de la mine de sel gemme concédée par la loi du 6 avril 1825, aucun droit d'exploitation, soit directe,

soit par l'introduction d'eaux douces destinées à être converties en sources artificielles d'eaux salées;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. 1er. L'arrêté du conseil de préfecture du département de la Moselle, en date du 8 novembre 1833, est annulé.

Art. 2. Il est déclaré que l'adjudication nationale du 14 germinal an IX, comprend la propriété pleine et entière des sources naturelles d'eau salée, situées à toute profondeur, dans les limites de la propriété vendue; mais que ladite adjudication n'a conféré aux acquéreurs aucun droit sur la mine de sel gemme, concédée par la loi du 6 avril 1825, en vertu de la législation des mines.

Art. 3. Notre ministre secrétaire d'état au département de la justice et des cultes, président du conseil d'état, et notre ministre secrétaire d'état des finances, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Forge catalane de Bize-Nistos.

Ordonnance du 14 *septembre* 1835, *portant que* M. Marc (Jean-Baptiste) *est autorisé à mettre en activité la forge à la catalane qu'il a fait construire dans la commune de* Bize-Nistos, *département des* Hautes-Pyrénées, *et qui est composée d'un feu et d'un gros martinet.*

Tourbières des vallées de l'Essonne et de la Juine.

Ordonnance du 14 *septembre* 1835, *relative aux tourbières des vallées de l'*Essonne *et de la* Juine (Seine-et-Oise).

Louis-Philippe, roi des Français,

A tous présens et à venir, salut:

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département de l'intérieur;

Vu l'ordonnance royale du 1er octobre 1817, relative à la police des cours d'eau dans les vallées de l'Essonne et de la Juine, et portant, art. 12, qu'il sera fait un règlement

spécial pour régulariser l'extraction de la tourbe dans ces deux vallées, et pour faire cesser les inconvéniens résultant du mode suivi jusqu'alors, sous les rapports de la salubrité, de la conservation des eaux et des intérêts de l'agriculture et du commerce de ce combustible;

L'arrêté du préfet de Seine-et-Oise, du 29 mars 1828, approuvé le 25 octobre suivant par le ministre de l'intérieur;

Les rapports faits les 25 juin 1829, 11 juin et 5 octobre 1830, 31 décembre 1832, 10 mars et 12 juin 1834, par les ingénieurs des mines;

L'avis du sous-préfet de Corbeil, du 25 juin 1831;

Le rapport de l'ingénieur en chef des ponts-et-chaussées, du 24 juin 1833;

Le projet de règlement présenté le 13 février 1834, par le préfet de Seine-et-Oise, pour la vallée de l'Essonne;

La lettre de ce magistrat, du 22 avril, par laquelle il propose d'appliquer ce même règlement à la vallée de la Juine;

L'avis du conseil général des mines, des 9 et 16 juin 1834;

L'avis du conseil général des ponts-et-chaussées (section de la navigation), du 20 août 1834;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

TITRE Ier.

Des autorisations et des règles générales du tourbage.

Art. 1er. Tout propriétaire ou exploitant de tourbières dans les vallées de l'Essonne et de la Juine, qui voudra commencer ou continuer l'exploitation de la tourbe, devra, conformément à l'art. 84 de la loi du 21 avril 1810, et sous les peines portées audit article, adresser sa déclaration ou demande en autorisation au préfet du département, par l'intermédiaire du sous-préfet.

La déclaration énoncera les nom, prénoms et qualités du demandeur, et désignera avec précision le lieu où se fera l'extraction, l'étendue du terrain à exploiter, l'épaisseur des déblais, celle du banc de tourbe et la durée présumée de l'exploitation; elle sera accompagnée d'un plan du terrain à tourbe, dressé en double expédition, sur l'é-

chelle d'un millimètre pour mètre, et indiquant les entailles qui peuvent exister déjà dans ce terrain.

Art. 2. Le sous-préfet, après avoir consulté le maire de la commune où le terrain à tourbe sera situé, transmettra les pièces au préfet, en y joignant son avis sur les avantages et sur les inconvéniens de l'exploitation projetée.

Sur le rapport de l'ingénieur des mines, le préfet statuera sur la demande, et prescrira les conditions d'autorisation qu'il pourra y avoir lieu d'accorder.

Art. 3. Il sera tenu, tant à la préfecture que dans le bureau de l'ingénieur des mines, un registre par ordre de dates et de numéro, des déclarations et des autorisations accordées.

Art. 4. Les exploitans seront tenus de se conformer, pendant la durée de l'autorisation, aux conditions qui leur auront été prescrites, au règlement sur la matière et aux instructions qui leur seront données par le préfet, sur le rapport de l'ingénieur des mines, en ce qui concerne la sûreté et la salubrité publiques et l'assainissement des terrains, sous peine d'être contraints à cesser leurs travaux.

Art. 5. Il est interdit aux exploitans de tourbes, dans les vallées de l'Essonne et de la Juine, d'entreprendre aucun tourbage, à des distances moindres de quinze mètres du bord des rivières ou du bord des chemins à voiture, et de sept mètres des propriétés particulières qui ne seraient point ou qui n'auraient point été précédemment affectées au tourbage.

Les entailles ou portions d'entailles qui pourraient exister actuellement dans les distances énoncées ci-dessus, seront comblées aux frais des propriétaires des terrains sur lesquels elles se trouvent, dans les délais qui leur seront fixés par l'administration

Art. 6. Un fossé d'enceinte sera creusé autour de chaque tourbière, dans les parties de terrains où l'exploitation de la tourbe est interdite par l'art. 5 ci-dessus.

Ce fossé aura deux mètres de largeur et soixante-six centimètres de profondeur. Les terres en provenant seront disposées en forme de berge du côté opposé aux entailles.

Art. 7. Lorsque les propriétaires de deux tourbières contiguës ou d'un plus grand nombre voudront tourber jusqu'à leurs limites communes, ils devront en faire la déclaration au préfet.

Faute par eux de justifier d'un accord amiable à ce sujet, le préfet, après les avoir entendus, déterminera, sur le rapport de l'ingénieur des mines, l'épaisseur du massif de tourbe qui devra être laissé intact de part et d'autre de la limite.

L'obligation de percer ce massif, pour l'établissement des rigoles d'attérissement, dont il sera question dans l'article 8 ci-après, sera toujours imposée par les arrêtés d'autorisation.

Art. 8. Pour que l'attérissement des entailles tourbées, prescrit par l'art. 85 de la loi du 21 avril 1810, puisse avoir lieu, les eaux sauvages provenant, soit des ravins, soit des ruisseaux, des collines, seront recueillies à l'aide de rigoles dont la direction sera déterminée par le préfet, et amenées dans les fossés d'enceinte, où elles seront conduites dans les entailles. Les frais d'établissement desdites rigoles seront supportés par les propriétaires de toutes les tourbières qui profiteront de l'envasement.

En outre, les tourbières voisines de la rivière seront mises en communication avec elle, au moyen de deux tranchées pratiquées à travers la berge, l'une en amont, l'autre en aval, et disposées de telle manière que les eaux prises dans le bief d'une usine, soient toujours rendues au même bief.

Ces tranchées ne pourront jamais avoir plus de trois mètres de largeur; la profondeur et l'emplacement en seront déterminés par le préfet.

Les propriétaires des tourbières seront tenus d'assurer, sur chacune des tranchées, des moyens de passage destinés à rétablir la continuité de la circulation.

Les tourbières plus éloignées seront mises, autant qu'il sera possible, en communication avec les précédentes, par des rigoles ouvertes à travers les digues de séparation, et combinées de telle sorte que les eaux de la rivière, chargées de limon, puissent parcourir toutes les entailles avant de rentrer dans le bief d'où elles auront été tirées.

Il en sera de même pour la conduite des eaux troubles provenant des ravins et ruisseaux des collines. Ces eaux

seront dirigées de manière à parcourir le plus grand nombre d'entailles possible, avant de parvenir à la rivière.

Les rigoles de communication seront pratiquées par les propriétaires de tourbières et à leurs frais, chacun sur son terrain, aux points et de la manière qui seront déterminés par le préfet. Les tranchées pratiquées à travers les berges ne pourront être ouvertes que pendant les crues et les mois d'hiver, depuis le 1er novembre jusqu'au 1er mars.

Il est dérogé pour l'exécution du présent article et de l'art. 5 ci-dessus, aux dispositions exprimées aux art. 10 et 12 de l'ordonnance du 1er octobre 1817.

TITRE II.

Dispositions particulières aux marais anciennement communaux.

Art. 9. Chacun des marais anciennement communaux sera considéré comme une seule et même exploitation, quel que soit le nombre des tourbières particulières qu'il renferme.

Art. 10. Tous les trois ans, les propriétaires ou exploitans de tourbières dans l'enceinte de chacun de ces marais, seront convoqués et réunis par les soins du maire de la commune, à l'effet de nommer entre eux, à la pluralité des voix, deux commissaires chargés de les représenter et d'agir en leur nom, pour tout ce qui touche la police du tourbage, ainsi que pour la répartition des frais auxquels cette police donnera lieu. Les noms des commissaires ainsi désignés seront immédiatement transmis au préfet.

Les commissaires pourront être réélus.

Art. 11. Dans le délai qui sera fixé par le préfet, les commissaires du tourbage d'un marais anciennement communal, feront placer sur la berge de la rivière, à chaque extrémité du marais, en amont et en aval, une plaque en tôle attachée à un poteau et portant le nom du marais, ainsi que celui de la commune dont il dépend.

Art. 12. Chaque propriétaire ou exploitant de tourbières dans l'enceinte d'un de ces marais, devra d'ailleurs présenter sa déclaration ou demande, ainsi qu'il est dit à l'art. 1er ci-dessus, et se soumettre aux mesures prescrites dans les art. 1 à 8, si ce n'est que les mesures relatives à

la production du plan et à l'exécution du fossé d'enceinte, seront modifiées conformément à l'art. 13 ci-après.

Art. 13. Dans un délai que fixera le préfet, un plan général de chacun desdits marais communaux sera fourni par les commissaires du tourbage, pour le compte des exploitans. Ce plan sera dressé sur l'échelle d'un millimètre pour mètre, et devra indiquer :

1° Le fossé d'enceinte dont l'exécution aura été prescrite pour tout le marais, en conformité des art. 6 et 10 de la présente ordonnance ;

2° Les entailles ou portions d'entailles dont le comblement n'aurait pas encore été effectué ;

3° Toutes les parcelles de terrains comprises dans le marais ;

4° Toutes les tourbières ouvertes dans lesdites parcelles, avec le nom du propriétaire ou de l'exploitant.

Chaque année, dans le courant de janvier, le plan dont il s'agit sera complété à la diligence de l'ingénieur en chef des mines, et tous les changemens survenus dans le cours de l'année y seront portés.

Les frais de confection du plan et des additions à faire au plan, chaque année, seront, en cas de difficultés, réglés par le préfet, sur la proposition de l'ingénieur en chef des mines.

Dans le cas où le plan de chaque marais n'aurait pas été produit dans le délai prescrit, il y sera pourvu d'office à la diligence de l'ingénieur des mines, aux frais des exploitans.

Art. 14. Les frais auxquels donnera lieu l'exécution des articles ci-dessus, seront supportés par tous les propriétaires exploitans de tourbe dans l'enceinte de chaque marais, proportionnellement à l'étendue de leurs propriétés et à la quotité de leur exploitation. La répartition en sera faite par les commissaires du tourbage; et après qu'elle aura été approuvée par le préfet, le recouvrement desdits frais sera opéré par le percepteur de la commune, comme en matière de contributions directes.

TITRE III.

Dispositions générales.

Art. 15. Les contraventions aux dispositions ci-dessus seront, d'après leur nature, constatées, dénoncées et poursuivies, soit comme en matière de voirie et de police, conformément aux art. 84 et 86 de la loi du 21 avril 1810, soit comme en matière de grande voirie, conformément à la loi du 29 floréal an X.

Art. 16. La présente ordonnance sera insérée au Bulletin des lois et au Recueil des actes administratifs du département ; elle sera lue et publiée dans toutes les communes des vallées de l'Essonne et de la Juine, où l'exploitation de la tourbe en rend la publication nécessaire. Il en sera en outre donné, par les soins des maires, une connaissance spéciale aux entrepreneurs de tourbage.

Il en sera adressé des expéditions aux sous-préfets, procureurs du roi et ingénieurs des mines, pour qu'ils en assurent l'exécution, chacun en ce qui le concerne.

Art. 17. Notre ministre secrétaire d'état au département de l'intérieur est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 14 *septembre* 1835, *portant concession des mines de plomb d'*Aulus (Ariége).

(Extrait.)

Mines de plomb d'Aulus.

Art. 1er. Il est fait concession à M. Lecour de mines de plomb situées dans les environs d'Aulus, arrondissement de Saint-Girons, département de l'Ariége.

Art. 2. Cette concession, comprenant une surface de sept kilomètres carrés, soixante-trois hectares, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan joint à la présente ordonnance, savoir :

Par une suite de lignes droites tirées d'Aulus à Castel-Minier, de Castel-Minier à l'extrémité sud de l'étang de Lirs, de cette extrémité au sommet de la montagne de Montsens, de ce sommet à celui de la montagne d'Erce, de ce dernier sommet à Aulus, point de départ.

Ordonnance du 14 *septembre* 1835, *portant concession des mines de houille de* KERGOGNE (Finistère).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait à M. Charles de Bruc et à M. François Jean-Baptiste Dessaulx, concession des mines de houille comprises dans les limites ci-après déterminées, communes de Kerfeunteun et de Plogonnec, département du Finistère. Mines de houille de Kergogne.

Art. 2. Cette concession sera désignée sous le nom de *concession de Kergogne;* elle comprend une étendue superficielle de trois kilomètres carrés, quarante-quatre hectares, et est bornée ainsi qu'il suit :

A l'*est*, par une suite de lignes droites partant de l'angle nord-est de Kergadon, passant par l'angle sud de Kervigon, l'angle ouest de Turmach, l'angle sud de Kergadona, l'angle nord de Peuvern et aboutissant à l'angle ouest de Kergariou;

Au *sud*, par une ligne menée de l'angle ouest de Kergariou à la croix de Kervesear;

A l'*ouest*, par une suite de lignes partant de la croix de Kervesear, passant par l'angle sud-est de Kervesear, par l'angle ouest de Bolhart et aboutissant à l'ouest de Kersn;

Au *nord*, par une suite de lignes partant de l'angle ouest de Kersn, passant par la Lorette, l'angle nord de Pontusqué, l'angle nord de Trennas et aboutissant à l'angle nord-est de Kergadon, point de départ.

Ordonnance du 17 *octobre* 1835, *portant que* MM. DUMONT *et compagnie, sont autorisés à établir, commune de* DENAIN, *arrondissement de* VALENCIENNES (Nord), *le long de l'Escaut, entre cette rivière et le chemin de Lourches, une usine à fer, composée ainsi qu'il suit :* Usine à fer, à Denain.

1° *Un haut-fourneau pour le traitement des minerais de fer;*

2° *Un feu de finerie;*

3° *Un gros marteau ;*

4° *Huit fours à pudler ;*

5° *Quatre fours de chaufferie ;*

6° *Quatre trains de laminoirs pour fabriquer le fer en barres, en verges et les tôles ;*

7° *Trois machines à vapeur à basse pression, de la force réunie de cent-quarante chevaux, pour donner le mouvement tant aux soufflets du haut-fourneau et du feu de finerie, qu'aux marteau, laminoirs et cisailles.*

(Extrait.)

Art. 4. Il ne pourra être consommé que de la houille ou du coke dans le haut-fourneau et les autres feux de l'usine dont il est question.

Art. 10. MM. Dumont et compagnie donneront accès dans leur établissement aux employés des douanes, sans l'assistance d'un officier municipal, toutes les fois qu'ils se présenteront, pour procéder à des visites ou recensemens.

Ordonnance du 23 *novembre* 1835, *portant concession des mines de houille de* Chaudefonds (Maine-et-Loire).

(Extrait.)

Mines de houille de Chaudefonds.

Art. 1er. Il est fait à MM. Michel Maurille, François Pelé et compagnie, concession des mines de houille comprises dans les limites ci-après définies, communes de Chaudefonds, de Saint-Aubin et de Saint-Lambert, département de Maine-et-Loire.

Art. 2 Cette concession sera désignée sous le nom de *concession de Chaudefonds ;* elle renferme une étendue superficielle de dix kilomètres carrés, quarante-trois hectares, et est bornée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

A l'*est*, par une ligne droite tirée du pont barré (route royale n° 161, d'Angers aux Sables), au clocher de Saint-Lambert du Lattay ;

Au *sud*, par une suite de droites menées successivement du clocher de Saint-Lambert au principal corps de bâtiment de Hardières, de Hardières à la Fresnaie, de la Fresnaie à Defaix, de Defaix aux Coteaux, en laissant le hameau au midi; puis des Coteaux à la Maison-Rouge par une droite prolongée jusqu'au Layon;

A l'*ouest* et au *nord*, par le cours du Layon, en remontant cette rivière depuis le point de rencontre ci-dessus jusqu'au pont Boocré, point de départ.

Ordonnance du 19 *novembre* 1835, *qui abroge l'article* 9 *de l'ordonnance royale du* 18 *février* 1824, *portant interdiction d'employer dans le haut-fourneau, dont cette ordonnance a autorisé l'établissement en la commune de* Margut (Ardennes), *d'autres charbons de bois que ceux qui seraient achetés en pays étrangers.* **Haut-fourneau de Margut.**

Est abrogé pareillement l'article 10, *qui prescrit diverses dispositions ayant pour objet d'assurer l'exécution dudit article* 9.

Ordonnance du 19 *novembre* 1835, *portant que M.* Lavergne *est autorisé à ajouter à son usine à fer du* Paradoux, *située communes de* Marquay *et* Saint-André-et-Allas, *arrondissement de* Sarlat (Dordogne), *sur le ruisseau dit Beurre-de-Cancou:* **Mine à fer de Paradoux.**

Un haut-fourneau à fondre le minerai de fer;

Un lavoir à bras;

Et un bocard pour les laitiers.

Ordonnance du 20 *décembre* 1835, *portant concession des mines d'anthracite de* Viré (Mayenne et Sarthe).

(Extrait.) **Mines d'anthracite de Viré.**

Art. 1er. Il est fait à MM. Achille Ozou, Auguste

Ozou, d'Hardouin de la Gironardière, Lebreton de Vannoise père et Lebreton de Vannoise fils, concession des mines d'anthracite comprises dans les limites ci-après définies, communes de Cossé-en Champagne, département de la Mayenne, de Viré et de Brûlon, département de la Sarthe.

Art. 2. Cette concession sera désignée sous le nom de *concession de Viré;* elle comprend une étendue superficielle de 22 kilomètres, 54 hectares, et est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance:

Au *sud* et au *sud-est*, par une ligne menée du clocher d'Epineux-le-Séguin à la ferme d'Epaulfort, depuis son point d'intersection avec la ligne menée du clocher de Cossé-en-Champagne à la Fine, ladite ligne servant de limite commune aux concessions de la Dorbellière et de Varenne; puis, par une autre ligne menée de la ferme d'Epaulfort au clocher de Brûlon;

Au *nord-est* et au *nord*, par une ligne menée du clocher de Brûlon à la métairie des Bosseries, et par une autre ligne menée de ce dernier point à la ferme de la Helberdière;

A l'*ouest*, par une ligne menée de ce dernier point ci-dessus au clocher de Cossé-en-Champagne; puis, par une autre ligne menée de ce clocher à la Fine, mais arrêtée à son point de rencontre avec la ligne menée d'Epaulfort à Epineux-le Séguin, cette dernière partie de la limite à l'ouest étant commune à la concession présentement faite et à celle d'Epineux-le-Séguin.

Ordonnance du 20 *décembre* 1836, *portant concession des mines d'anthracite d'*Epineux-le-Séguin (Mayenne).

(Extrait.)

Mines d'anthracite d'Epineux-le-Séguin.

Art. 1er. Il est fait à MM. Julien Dugué, David-Pierre Lemore, Théodore Couléard, et aux dames Julienne Dugué, veuve Lemotheux, Jeanne-Louise Marchais, veuve Goupil, concession des mines d'anthracite comprises dans les limites ci-après définies, communes

d'Epineux-le-Séguin, Saulges et Cossé-en-Champagne, département de la Mayenne.

Art. 2. Cette concession sera désignée sous le nom de *concession d'Epineux-le-Séguin*; elle comprend une étendue superficielle de 16 kilomètres carrés 20 hectares, et est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, savoir :

Au *sud*, par une ligne droite menée du clocher d'Epineux-le-Séguin à la ferme d'Epaulfort, mais arrêtée à son point d'intersection avec une ligne qui se dirige du clocher de Cossé-en-Champagne à la Fine, ladite ligne servant en partie de limite aux concessions de Dorbellière et de Varenne ;

A l'*est*, par cette dernière ligne, à partir de son intersection avec la ligne qui sert de limites au sud jusqu'au clocher de Cossé-en-Champagne; ensuite par une autre ligne menée du clocher de Cossé-en-Champagne à celui de Bannes, laquelle ligne sert de limite commune entre la présente concession et la concession de Viré;

Au *nord*, par une ligne menée du clocher de Bannes à la ferme de Valtrop;

A l'*ouest*, par une ligne tirée de la ferme de Valtrop au clocher de Saint-Pierre-sur-Erve, mais arrêtée à son point d'intersection avec une autre ligne tirée du clocher de Chemeré au clocher d'Epineux-le-Séguin; puis, par cette dernière ligne, depuis le point d'intersection ci-dessus jusqu'au clocher d'Epineux-le-Séguin, point de départ.

Ordonnance du 20 décembre 1835, portant concession des mines de lignite de SAINT-MARTIN-DE-CASTILLON (Vaucluse).

(Extrait.)

Mines de lignite de St.-Martin-de-Castillon.

Art. 1er. Il est fait à MM. Joachim Gaufridy, Joseph-Dominique-Amédée Gleise, Jean-Baptiste-Marcel-Frédéric Légier et Etienne Chauvin, réunis en société par actes des 21 février et 16 mars 1835, concession des mines de lignite, situées dans la commune de Saint-Martin-de-Castillon, arrondissement d'Apt (Vaucluse).

Art. 2. Cette concession, renfermant une étendue su-

perficielle de 9 kilomètres carrés, 33 hectares, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, savoir :

1° Par une droite partant du hameau d'Alezin, point A du plan, passant par le sommet du coteau à l'ouest du ravin de Cagnard, sur la limite de Saint-Martin et Cazeneuve, point B du plan, et aboutissant sur le sommet du coteau situé entre les ravins du Grand-Vallon (hameau des Marteaux), point C du plan;

2° Du point C, par une droite aboutissant à l'angle du sud-ouest du hameau du Font-de-Luegne, point D du plan;

3° Par une droite partant de D et allant aboutir à l'intersection des chemins de Fourneau, point E du plan, limite de Saint-Martin et Viens;

4° Par une droite partant du point E et aboutissant au point culminant de la chapelle de Courenne, lettre F du plan;

5° De la chapelle de Courenne, par une droite se dirigeant vers l'angle sud-est de l'aire de Saint-Raphaël, point J du plan;

6° De l'aire de Saint-Raphaël, par une droite se terminant au point A, lieu du départ des présentes limites.

Usines de Lacrête, Ecot et Noncourt.

Ordonnance du 24 décembre 1835, portant qu'il est permis à MM. Michel *de conserver et de tenir en activité les ateliers métallurgiques qui, aux termes de l'ordonnance du 2 avril 1828, relative au second haut-fourneau de* Noncourt, *devaient être supprimés, savoir: 1° un feu de forge faisant partie de l'ancienne batterie de* Noncourt, *située sur le* Rougeant, *commune de* Noncourt, *arrondissement de* Vassy; *2° l'un des deux feux de forge de* Lacrête, *situés sur la rivière de* Rognon, *commune de* Lacrête, *arrondissement de* Chaumont; *3° le martinet d'*Ecot, *même arrondissement.*

La consistance des usines de Lacrête, Ecot et Noncourt, desquelles dépendent ces divers ateliers, reste

fixée conformément aux plans d'ensemble et de détails annexés aux ordonnances royales des 13 août 1823, 30 juin et 7 juillet 1824, relatives à la maintenue desdites usines.

Ordonnance du 24 décembre 1835, portant que MM. Baille *et* Febvret *sont autorisés à substituer un haut-fourneau à la forge qu'ils possèdent au lieu dit la* Lampinette, *sur la rivière du* Doubs, *dans la commune de* Dôle (Jura). **Haut-fourneau à Dôle.**

Ordonnance du 24 décembre 1835, portant que M. Hypolite Chagot *est autorisé à établir sur le ruisseau* du Vaux, *affluent de la Marne, commune de* Brethenay (Haute-Marne), *un patouillet à deux huches, mu par une roue hydraulique, à côté de celui qu'il a été autorisé à construire, en vertu d'une ordonnance royale du 15 avril 1818.* **Patouillet à Brethenay.**

(Extrait.)

Art. 7. Les travaux devront être terminés dans le délai de six mois au plus tard, à partir de la notification de la présente ordonnance. Ils seront exécutés sous la surveillance de l'ingénieur des ponts-et-chaussées de l'arrondissement, en ce qui concerne la hauteur et la distribution des eaux, et sous la surveillance de l'ingénieur des mines, en ce qui concerne l'usine proprement dite.

Après leur achèvement, chacun de ces ingénieurs dressera, en ce qui a rapport à ses attributions, un procès-verbal de vérification, en présence du permissionnaire.

Expéditions de ces procès-verbaux seront déposées aux archives de la préfecture et au greffe de la mairie du lieu. Il en sera préalablement adressé copie au directeur général des ponts-et-chaussées et des mines.

Le procès-verbal dressé par l'ingénieur des ponts-et-chaussées devra faire mention expresse de la hauteur de la borne servant de point de repère.

Art. 8. Les quatre lavoirs que M. Chagot possède sur le ruisseau du Vaux seront supprimés.

Art. 9. Le patouillet autorisé par la présente ordonnance et celui qui a été autorisé par l'ordonnance du 15 avril 1818, resteront chaque année en chômage, du 15 mars au 20 octobre.

Art. 10. M. Chagot ou ses ayant-cause seront entièrement chargés du curage de toute la partie du ruisseau de Vaux, comprise entre les patouillets dont il est question et la rivière de Marne.

Art. 11. Le curage sera exécuté, chaque année, dans la première quinzaine d'avril au plus tard, sinon il sera fait aux frais de M. Chagot, par les soins de l'autorité locale.

Art. 12. Les terres provenant du curage seront déposées en des endroits où elles ne puissent être entraînées par les eaux courantes, et du consentement formel des propriétaires.

Art. 13. L'impétrant se soumettra, au surplus, à toutes les mesures qui pourraient être ordonnées par l'administration, pour garantir les propriétaires riverains des dégâts que causeraient les morées, dans le cas où les conditions prescrites par les articles précédens seraient reconnues insuffisantes.

Art. 14. Il se conformera aux lois et règlemens existans ou à intervenir sur le fait des mines, ainsi qu'aux instructions qui lui seront données par l'administration, en ce qui concerne l'exécution des règlemens sur les cours d'eau et la police des usines.

Art. 15. Il reste responsable, envers qui de droit, des dommages et intérêts qui pourraient être poursuivis devant les tribunaux ordinaires pour les dégâts occasionés, soit par la sustension des eaux motrices de ses patouillets, soit par le défaut de curage du bief et du sous-bief, soit enfin par les eaux de lavage du minerai.

Art. 16. Il ne pourra augmenter ses patouillets, les changer de nature, ou les transférer ailleurs, sans une autorisation expresse, donnée dans les formes prescrites par les lois et règlemens.

Art. 18. Dans le cas où M. Chagot ne se conformerait pas, dans l'exécution des travaux, aux dispositions

de la présente ordonnance, le nouveau patouillet sera mis en chômage par un arrêté du préfet, et la révocation de l'acte d'autorisation sera poursuivie ainsi que de droit.

Si, après que les travaux de construction auront été exécutés et reçus par les ingénieurs, ainsi qu'il est dit ci-dessus, M. Chagot ou ses ayant cause venaient à enfreindre les dispositions de la même ordonnance, les contraventions seront poursuivies conformément à ce qui est prescrit par l'art. 77 de la loi du 21 avril 1810, sans préjudice de l'application des lois pénales relatives aux contraventions en matière d'usines.

Art. 19. La présente ordonnance sera affichée dans la commune de Brethenay, à la diligence du préfet et aux frais du permissionnaire, dans le délai d'un mois, à partir de la notification qui lui en aura été faite.

Ordonnance du 24 *décembre* 1835 *portant que M.* Joseph Gauthier *est autorisé à établir un lavoir à cheval pour le lavage du minerai de fer sur un terrain qu'il possède au lieu dit* le Petit-Etang, *près du hameau de* Sainte-Cécile, *commune de* Valay (Haute-Saône). Lavoir à cheval, à Valay.

(Extrait.)

Art. 4. M. Gauthier établira, pour l'épuration des eaux bourbeuses provenant du lavage du minerai, les quatre bassins O, P, Q, R du plan, de 280 mètres de longueur totale, sur 5 mètres de largeur moyenne, et 1^m,35 de profondeur en contre-bas du dessus de la vanne de décharge destinée à régler l'écoulement de l'eau.

Le dernier bassin R sera muni, à son extrémité, d'une digue filtrante XX du plan, composée d'une couche verticale de sable interposée entre deux couches de gravier, laquelle aura quatre mètres de largeur sur un mètre de hauteur, et dont l'épaisseur devra être convenable pour la filtration des eaux.

Cette digue filtrante devra être couronnée par un massif très imperméable de terre argileuse de 20 cent. de

hauteur, dont le dessus effleurera les bords du canal de sortie au point de son emplacement, et elle devra être placée à deux mètres environ du bâtardeau en terre YY du plan, lequel sera pourvu d'une vanne de décharge haute d'un mètre et large de 40 cent., destinée à régler l'écoulement de l'eau pendant le lavage, de manière que son niveau en amont de la digue filtrante demeure constamment à un ou deux décimetres au plus en contre-bas de sa plate-forme.

La digue filtrante devra d'ailleurs être construite avec tout le soin possible, et l'impétrant sera tenu de l'entretenir constamment en bon état.

Art. 5. Pour éviter l'effet des dégradations qui pourraient survenir à la digue, les eaux seront maintenues à un niveau constant dans les bassins d'épuration au moyen de déversoirs de superficie établis en B et B', à une dizaine de mètres de la digue X, et dont les couronnemens parfaitement horizontaux s'élèveront à $1^m,35$ au-dessus du fond des bassins.

Art. 6. Les bassins d'épuration seront curés à fond, toutes les fois que les eaux de lavage sortiront troubles de la digue filtrante, ou que le dépôt boueux s'élèvera dans ces bassins jusqu'à 25 cent. de la surface de l'eau, à 20 mètres en amont de la digue filtrante.

Art. 7. Les matières terreuses provenant des curages des bassins, seront déposées sur la propriété de M. Gauthier, ou sur d'autres terrains, avec le consentement des propriétaires, en des points disposés de manière à ce qu'elles ne puissent être entraînées par les grandes eaux.

Art. 8. Toutes les fois que la digue filtrante sera en reconstruction ou en réparation pour le nettoiement du sable ou gravier, le lavage sera interrompu.

Art. 9. M. Gauthier se soumettra au surplus à toutes les mesures qui pourraient être ordonnées par l'administration pour garantir les propriétés riveraines des dégâts que causeraient les boues provenant du lavage, dans le cas où les dispositions prescrites ci-dessus seraient reconnues insuffisantes.

Art. 10. Les travaux concernant l'emplacement, les dimensions et la construction des bassins d'épuration et de la digue filtrante, seront exécutés sous la surveillance de l'ingénieur des mines du département, dans le délai de

trois mois, à compter de la notification de la présente. Cet ingénieur dressera, en présence du permissionnaire, une triple expédition, procès-verbal de la vérification de ces travaux après leur achèvement. L'une de ces expéditions sera déposée dans les archives de la préfecture, la seconde à celles de la mairie de Valay, et la troisième sera transmise au directeur général des ponts-et-chaussées et des mines.

Art. 11. Dans le cas où M. Gauthier ne se conformerait pas, dans l'exécution des travaux, aux dispositions de la présente ordonnance, le lavoir à cheval sera mis en chômage par un arrêté du préfet, et la révocation de l'acte d'autorisation sera poursuivie ainsi que de droit.

Si, après que les travaux de construction auront été exécutés et reçus par les ingénieurs, ainsi qu'il est dit ci-dessus, M. Gauthier ou ses ayant-cause venaient à enfreindre les dispositions de la même ordonnance, les contraventions seront poursuivies conformément à ce qui est prescrit par les lois et règlemens, sans préjudice de l'application des lois pénales relatives aux contraventions en matière d'usines.

Art. 12. La présente permission n'est accordée que sous la condition expresse, pour M. Gauthier ou ses ayant-droit, d'être civilement responsables de tous les dommages qui, à une époque quelconque, résulteraient du lavage du minerai dans les lavoirs dont il s'agit, et, le cas échéant, d'être garans pour le paiement des indemnités qui seraient dues à cet égard.

Ordonnance du 24 octobre 1835, portant que M. Dubourg *est autorisé à transporter dans sa propriété de* la Pallu, *commune de* Castets (Landes), *sur le ruisseau de* la Pallu : **Usine à fer, à Castets.**

Trois feux d'affinerie ordinaires au charbon de bois ; quatre fours à réverbère pour réchauffer les lopins ; les cylindres et la fonderie nécessaires ; lesquels feux et ateliers, M. Dubourg *avait été autorisé à construire dans la com-*

mune de Saint-Paul-le-Dax, *par notre* ordonnance *du* 6 *juillet* 1831.

Ordonnance du 24 décembre 1835, fixant le régime des eaux de la tréfilerie établie par M. et Mme d'Osmond, dans l'intérieur de la ville de Donzy, arrondissement de Cosnes (Nièvre).

PERSONNEL.

Par ordonnance du roi, du 14 septembre 1835, — M. de Bonnard, inspecteur général de deuxième classe, est nommé inspecteur général de première classe au corps royal des mines.

Par ordonnance du roi, du 14 septembre 1835, — MM. de Sénarmont, Gruner, Harlé, Foy, Senez, aspirans ingénieurs, sont élevés au grade d'ingénieur ordinaire de deuxième classe.

Par ordonnance du roi, du 23 novembre 1835, — M. Juncker, ingénieur ordinaire de première classe, est nommé ingénieur en chef de deuxième classe.

Par arrêté de M. le ministre de l'intérieur, du 7 août 1835 : — 1° M. Gruner, aspirant ingénieur, est nommé professeur à l'école des mineurs, en remplacement de M. Malinvaud, ingénieur ordinaire, appelé à une autre destination; 2° M. Mœvus, aspirant ingénieur, est chargé du service du sous-arrondissement de Saint-Etienne, confié précédemment à M. Gruner; 3° M. Lecocq, aspirant ingénieur, chargé du sous-arrondissement qui embrasse les départemens de la Nièvre et du Cher, est attaché pour un an, sous les ordres du conservateur des collections de l'école royale des mines, au service relatif à ces collections; 4° M. Boulanger, aspirant ingénieur, attaché au laboratoire de l'école des mines, est chargé du service des départemens de la Nièvre et du Cher, en remplacement de M. Lecocq, pour le temps que durera la mission confiée à cet ingénieur; 5° M. Clapeyron, ingénieur ordinaire, est autorisé à prendre la direction des travaux du chemin de fer de Paris à Saint-Germain; 6° M. Dusouich, aspirant ingénieur, suppléera, pendant la durée de ces travaux, M. Clapeyron, dans le service du sous-arrondissement formé par le département du Pas-de-Calais.

Par arrêté de. M. le ministre de l'intérieur, du 7 août 1835, — M. Drouot, ingénieur ordinaire, actuellement en congé, est chargé du service du sous-arrondissement composé des départemens de Lot-et-Garonne et de la Gironde, et dont le chef-lieu est fixé à Bordeaux.

Par arrêté de M. le ministre de l'intérieur, du 23 octobre 1835, — M. Foy, ingénieur ordinaire, est chargé du service du sous-arrondissement formé par le département du Nord, en remplacement de M. Boudousquié, ingénieur ordinaire en congé.

Par arrêté de M. le ministre de l'intérieur, du 4 novembre 1835, — MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont sont nommés professeurs, l'un de minéralogie, l'autre de géologie à l'école royale des mines, en remplacement de M. Brochant de Villiers, qui cesse, d'après sa demande, d'être chargé de la chaire de minéralogie et de géologie qui lui était confiée, et qui conserve néanmoins le titre de professeur honoraire.

Par arrêté de M. le ministre de l'intérieur, du 23 novembre 1835 : — 1° M. Regnault, élève ingénieur, est attaché au laboratoire de chimie de l'école royale des mines en remplacement de M. Boulanger, aspirant ingénieur, appelé à une autre destination; 2° M. Chatelus, élève ingénieur, est chargé du service du sous-arrondissement de Rive-de-Gier, en remplacement de M. Foy.

Par arrêté de M. le ministre de l'intérieur, du 30 novembre 1835 : — L'école des mineurs est séparée du service des mines de l'arrondissement de Saint-Etienne et forme un service spécial. M. Roussel-Galle, ingénieur en chef, chargé actuellement de l'arrondissement de Chaumont, est appelé à remplacer, comme directeur de cette école, M. Beaunier, décédé; M. Delsériès, ingénieur en chef de l'arrondissement de Saint-Etienne, demeure exclusivement chargé du service de cet arrondissement.

Par arrêté de M. le ministre de l'intérieur, du 7 décembre 1835 : — M. Thirria, ingénieur ordinaire, actuellement chargé du service du département de la Haute-Saône, est appelé à remplir les fonctions d'ingénieur en

chef de l'arrondissement de Chaumont, en remplacement de M. Roussel-Galle; il demeure chargé du service d'ingénieur ordinaire dans le département de la Haute-Saône et continue de résider à Vesoul. La résidence de M. Duhamel, ingénieur ordinaire, chargé du service du département de la Haute-Marne, est transféré de Langres à Chaumont.

Par arrêté de M. le ministre de l'intérieur, du 19 *décembre* 1835, — M. Michel Chevalier, ingénieur des mines, est nommé membre de la commission de statistique de l'industrie minérale.

Par décision de M. le directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, du 11 *août* 1835, — M. Vène, ingénieur des mines, est autorisé à continuer de résider à Carcassonne.

Par décision de M. le directeur général, du 18 *août* 1835, — M. Diday, aspirant ingénieur, actuellement employé aux études topographiques du bassin d'Aubin (Aveyron), est chargé temporairement du service du sous-arrondissement de Marseille en remplacement de M. de Villeneuve, ingénieur ordinaire en congé.

Par décision de M. le directeur général, du 21 *octobre* 1835 : — M. Varin, ingénieur ordinaire, attaché au sous-arrondissement qui comprend les départemens de l'Ardèche et de la Lozère, est chargé en outre dans le département du Gard, de la surveillance des mines et usines métallurgiques, du travail des redevances, des procès-verbaux de visite des mines, de l'instruction des demandes en permission, concession, etc., des travaux du laboratoire d'Alais, de l'examen des candidats pour l'école des mineurs, etc. — M. Thibaud, ingénieur ordinaire, remplissant les fonctions d'ingénieur en chef, conserve dans le même département la surveillance des machines et appareils à vapeur, la rédaction des états annuels qui s'y rapportent et la confection des états statistiques sur l'industrie minérale.

Par décision de M. le directeur général, du 12 *novembre* 1835 : — M. Delamotte, ingénieur des mines, est

placé dans la réserve. — M. Lecocq, aspirant ingénieur, est définitivement chargé du service du sous-arrondissement de Nevers, où il ne doit être suppléé que temporairement par M. Boulanger.

Elèves admis à l'Ecole royale des mines, le 19 novembre 1835.

MM. Sentis.
Comte.
Couche.

Ingénieurs décédés.

En activité : M. Beaunier, inspecteur-général, — 20 août 1835.

En retraite : M. Lelièvre, inspecteur-général, — 19 septembre 1835.

CIRCULAIRES

Adressées à MM. les Préfets et à MM. les Ingénieurs des mines.

Paris, le 30 août 1835.

Monsieur le préfet, vous avez vu, par le compte-rendu des travaux des ingénieurs des mines pendant l'année 1834, le degré d'avancement auquel est parvenue la carte géologique de France. Ce grand ouvrage, qui doit être tout à la fois pour la science un monument précieux et pour l'industrie une source féconde de renseignemens utiles, arrive à son terme. Cartes géologiques départementales.

Dans les explorations qu'ont dû faire les ingénieurs qui en ont été particulièrement chargés, il était impossible de visiter en détail tous les cantons, toutes les communes dont se compose le territoire du royaume. Après avoir observé tel ou tel terrain sur une vaste étendue, on a déterminé certains points de ses limites, qu'on a joints ensuite sur la carte par des lignes droites ou contournées suivant le relief du sol; on n'a pu s'occuper de reconnaître les sous-divisions de chaque terrain : cette opération eût été beaucoup trop longue, et il n'aurait pas été possible d'en retracer les résultats sur la carte générale d'une manière distincte. Ces recherches de détail auraient d'ailleurs détourné l'attention de l'objet principal, qui était de juger les masses avec exactitude, et surtout de bien caractériser les terrains, c'est-à-dire de discuter et d'établir avec soin leur étage géologique. En un mot, il s'agissait de faire en quelque sorte une grande *triangulation* avec toute la précision rigoureuse qui peut résulter d'une étude approfondie de la science, et d'arrêter exactement les grands traits de la constitution géologique du royaume. C'est dans ce but que le travail a été entrepris et dirigé.

Mais il serait d'une haute importance d'y rattacher dans chaque localité des *relèvemens de détails*, et d'obtenir pour chaque département des *cartes géologiques topographiques*, qui fassent connaître les limites des subdi-

visions des divers terrains, tous leurs contours, leurs accidens locaux, et les variations principales que présentent sur ces divers points les roches qui les composent, et surtout la position et l'étendue de tous les gîtes de substances minérales utilement exploitables.

Ces recherches ou études géologiques particulières, qui seraient le complément du travail général qui doit être bientôt terminé, auraient évidemment un immense intérêt; elles fourniraient une foule d'indications précieuses non-seulement pour le développement de la richesse minérale, mais encore pour l'amélioration, dans un grand nombre de localités, de certains produits agricoles. L'expérience fait chaque jour connaître l'heureuse influence que le mélange du sol d'une contrée avec les substances terreuses qui existent souvent à quelques pieds au-dessous exerce sur les céréales et sur d'autres produits du règne végétal. Si le hasard a eu quelquefois sa part dans la découverte des gîtes de substances exploitables, il n'en est pas moins certain que la recherche de minerais métalliques, de combustibles, de pierres de construction, d'argiles réfractaires, de chaux hydrauliques, etc., ne peut en général avoir de succès que par une connaissance géologique détaillée des contrées que la nature a pourvues de ces diverses substances.

Les travaux partiels dont il s'agit intéressent particulièrement les localités. Ils doivent exercer sur leur bien-être une grande influence; il est donc naturel qu'elles soient appelées à prendre part aux dépenses qu'ils entraîneront.

Déjà, dans plusieurs départemens, les conseils généraux convaincus de tous les avantages qui peuvent se rattacher aux dispositions que je viens de signaler, en ont fait l'objet de leur préoccupation et de leurs soins. Il en est même plusieurs qui ont voté quelques fonds pour des études isolées. Il serait à désirer, Monsieur le préfet, que cet utile exemple fût généralement suivi, et qu'en associant leurs efforts à ceux de l'administration publique, tous les départemens concourussent à l'achèvement d'une œuvre qui doit si puissamment contribuer au développement de la richesse du pays.

Les ingénieurs des mines sont naturellement appelés à s'occuper du travail des cartes départementales. Leurs occupations habituelles, leurs connaissances spéciales, leur

donnent les moyens d'y prendre une part active et utile, et de les mettre en harmonie avec la grande carte géologique. Je n'entends pas, toutefois, exclure de ce travail les personnes étrangères au corps des mines et qui possèdent les connaissances nécessaires pour y concourir; mais l'intervention des ingénieurs déjà rétribués par l'Etat apporterait un grand allégement aux charges nouvelles que les localités auraient à s'imposer, si, indépendamment des dépenses matérielles de l'opération, elles devaient pourvoir encore au paiement d'agens spéciaux. Les cartes dressées par les ingénieurs des mines seraient d'ailleurs soumises à l'examen de l'administration, et les conseils généraux auraient ainsi la certitude qu'elles ne seraient livrées à la publicité qu'après avoir subi les rectifications nécessaires.

D'après l'examen auquel a donné lieu l'objet en question, on a été conduit à penser que la confection d'une carte géologique départementale, tant pour les frais d'exploration de terrains par les ingénieurs des mines, que pour ceux de publication par la voie de la lithographie, coûterait moyennement 4,000 francs. L'opération pourrait durer environ six années; il ne s'agirait donc que d'une dépense d'à peu près 600 francs par an. Un si faible sacrifice, comparé aux grands résultats qu'il doit procurer, déterminera sans doute le conseil général de votre département à voter cette allocation. L'administration prêtera le secours des ingénieurs, auxquels il ne sera tenu compte que des frais extraordinaires de déplacement; elle adressera à chacun d'eux les extraits de la carte générale, qui serviront de base au travail qui leur sera demandé; elle leur communiquera tous les renseignemens qu'elle a pu déjà recueillir; enfin, elle donnera, par ses instructions, de l'unité et de l'ensemble à toutes les parties de cette vaste opération.

Je vous prie, Monsieur le préfet, d'entretenir de cet objet important le conseil général de votre département, en mettant sous ses yeux la lettre que j'ai l'honneur de vous adresser, et je vous serai obligé de me faire part de la délibération qu'il aura prise.

Recevez, Monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le conseiller d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé **LEGRAND.**

Paris, le 20 décembre 1835.

Tournées de MM. les ingénieurs des mines.

Monsieur, aux termes de ma circulaire du 24 janvier 1834, MM. les ingénieurs des mines doivent adresser chaque année à l'administration, avant le 20 février, les projets de leurs tournées pendant la campagne.

Je vous prie de m'adresser ce projet le plus tôt possible. Il m'a paru convenable de devancer l'époque indiquée précédemment, et je l'ai fixée au 20 janvier.

Il est essentiel que les divers projets se trouvent réunis au commencement de l'année, afin que l'on puisse examiner dans son ensemble cette partie du service, et donner, en temps utile, les instructions nécessaires.

Je rappellerai ici que les itinéraires des ingénieurs ordinaires doivent m'être transmis par l'intermédiaire des ingénieurs en chef. Je me réfère au surplus aux diverses indications contenues dans ma circulaire précitée.

Recevez, Monsieur, l'assurance de ma considération très distinguée.

Le conseiller d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé LEGRAND.

Paris, le 24 décembre 1835.

Appareils à vapeur employés sur terre.

Monsieur le préfet, j'ai l'honneur de vous transmettre les cadres imprimés pour la réunion des documens statistiques de 1835, à fournir par MM. les ingénieurs, en ce qui concerne les appareils à vapeur employés sur terre.

Je vous prie de les faire remplir le plus tôt possible.

Ainsi que l'indique la circulaire du 12 janvier 1835, ces états doivent être dressés chaque année et m'être envoyés vers le 15 janvier. Je ne saurais trop recommander à MM. les ingénieurs de faire en sorte que leur travail soit terminé à l'époque fixée. L'administration compte sur la continuation de leur zèle pour remplir ses intentions.

J'ai pris connaissance avec beaucoup d'intérêt des états fournis pour l'année 1834. Ils offrent, comme les précédens, des renseignemens d'une grande utilité; et j'apprécie le soin avec lequel ils ont été généralement rédigés. Il importe de s'attacher à les rendre de plus en plus com-

plets, en n'omettant aucun des détails qui sont demandés.

Il existe dans quelques localités plusieurs machines ou chaudières à vapeur dont les propriétaires n'ont point encore satisfait aux dispositions exigées par les règlemens. J'appelle sur cet objet l'attention de MM. les préfets : la sûreté publique est essentiellement intéressée à ce qu'un ordre de choses régulier soit partout établi.

Une recherche attentive de tous les appareils qui viennent à être construits, la surveillance exercée sur ceux qui sont en activité, le renouvellement des épreuves chaque fois que l'état de la chaudière les fait juger nécessaires, telles sont les conditions indispensables à remplir dans l'intérêt de ce service important. Je me plais à reconnaître les améliorations qui ont été à cet égard apportées depuis l'année 1831, époque à partir de laquelle ces documens statistiques ont commencé à être fournis.

Je vous serai très obligé, Monsieur le préfet, de me transmettre, vers le 15 janvier au plus tard, les états ci-joints remplis par MM. les ingénieurs chargés du service, et d'y joindre vos observations. Je rappellerai ici que lorsqu'il n'existe point d'appareils à vapeur dans un département, les tableaux doivent être renvoyés avec l'indication qu'il n'y a point lieu d'exécuter, dans ce département, les dispositions des circulaires sur cet objet.

Recevez, Monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le conseiller d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé LEGRAND.

Paris, le 25 décembre 1835.

Bateaux à vapeur.

Monsieur le Préfet, ainsi que l'ont indiqué les circulaires des 31 octobre 1833 et 13 janvier 1835, des états statistiques doivent être annuellement rédigés en ce qui concerne les bateaux à vapeur.

Les derniers tableaux que vous m'avez adressés se rapportaient à l'année 1834; ceux de l'année qui finit doivent être produits le 15 janvier prochain : j'ai l'honneur de vous transmettre des cadres imprimés relatifs à ce travail.

Il est essentiel que ces sortes de relevés soient réunis à l'époque qui a été fixée, afin que l'on puisse connaître dans son ensemble la situation de la navigation à la vapeur, juger de l'état de cette partie du service, et préparer le travail général qui doit contenir les principaux résultats déduits de chaque document en particulier. Les élémens nécessaires ont dû être successivement recueillis, pendant le cours de l'année, dans les visites d'inspection. Il peut être ainsi facile de satisfaire aux dispositions indiquées, sans rien ôter à la précision des détails qui sont demandés.

Les renseignemens fournis pour l'année 1834 témoignent du zèle qui est apporté dans le service. Les commissions de surveillance continuent à remplir leurs fonctions avec un dévouement désintéressé auquel on ne peut donner trop d'éloges.

Je vous prie, Monsieur le préfet, de me renvoyer les tableaux ci-joints, aussitôt qu'ils auront été remplis conformément aux instructions.

Recevez, Monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le conseiller d'état directeur général des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé LEGRAND.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME VIII.

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE.

CHIMIE.

MÉTALLURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

STATISTIQUE. — MATIÈRES DIVERSES.

ADMINISTRATION.

PLANCHES JOINTES AU TOME VIII.

FIN DU TOME HUITIÈME.

FRANCE.

NOVEMBRE — DÉCEMBRE 1835.

Merveilles et beautés de la nature en France, ou description de ce que la France a de plus curieux et de plus intéressant sous le rapport de l'histoire naturelle, comme grottes, cascades, etc.; par *G.-B. Depping*, 8e édition entièrement revue, 2 vol. in-12 de 30 feuilles, plus 6 gravures. — Paris, chez Fruger et Brunet. Prix. . . . . 6 fr.

Mémoires de la Société royale académique de Cherbourg, 1835, in-8° de 26 ½ f., plus 2 planches. — Imprim. de Boulanger, à Cherbourg.

Avant-projet des chemins de fer proposés entre Paris et Poissy, passant par Saint-Germain, Paris et Saint-Cloud, entre Paris et Versailles, et entre Versailles et Poissy, passant par Saint-Germain; par *J.-F. Weber*, in-8° de 7 ½ feuilles. — Paris, imp. de Bacquenois.

Notice sur les travaux minéralogiques et géologiques de M. *Dufrénoy*, ingénieur en chef des mines, in-4° d'une feuille. — Paris, impr. de Fain.

Elémens de zoologie, ou leçons sur l'anatomie, la physiologie, la classification et les mœurs des animaux; par *H. Milne Edwards*, 3e partie, oiseaux, reptiles, et poissons; in-8° de 16 ¼ feuilles, avec figures parmi le texte et un tableau. — Paris, chez Crochard. . . 4 fr.

Voyage pittoresque dans la régence d'Alger, pendant l'année 1833, par MM. C. Lessore et W. Wild, publié et imprimé par *Ch. Motte*; livr. 4e et 5e. In-folio de 1

feuilles, plus 20 pl. — Prix de chaque livr. . . 20 fr.
Ouvrage terminé.

SELECTIONS from the Edimburgh Review comprising the best articles in that journal, from its commencement to the present time, vol. V, in-8° de 26 ½ feuilles. —Paris, chez Baudry. Prix . . . . 5 fr.

ASCENSIONS AUX CIMES DE L'ETNA ET DU MONT-BLANC; par le comte *Henry de Tilly*, in-8° de 7 feuilles, plus une lithographie. — Au Mans, chez Pesche.

ANGLETERRE.

II° SEMESTRE DE 1835.

DE LA BECHE. How to observe. Geology; (1 vol. in-8°, avec 128 gravures sur bois.). . . . . o l. 10 s. 6 d.

TABLES OF THE POPULATION, Commerce, and general Statistics of the British colonies; (1 vol. in-folio, relié en coton.). . . . . 12 s.

ANDREW URE. The philosophy of manufactures; (1 vol. in-8° avec beaucoup de gravures, relié en coton). 10 s.

THE NEW BRITISH PROVINCE OF SOUTH AUSTRALASIA; (1 vol. in-8° avec cartes et vues, relié en coton). . . . . 3 s.

G. A. HOSKINS. Travels in Ethiopia, above the second Cataract of the Nile; (1 vol. in-4° avec une carte et 90 gravures.). . . . . 3 l. 13 s. 6 d.

J. MACGREGOR. The Resources and Statistics of nations, (1er vol.) . . . . 1 l. 5 s.

GEOLOGICAL TRANSACTIONS. 3e et dernière livraison du tome III et 1re livraison du tome IV. (Chaque livr.). . 14 s.

J.-N. REYNOLDS. Voyage of the United States' frigate Potomac, during the circumnavigation of the globe in the years 1831, 1832, 1833 and 1834. (1 gros volume in-8° avec planches). . . . . 1 l. 1 s.

S. W. REYNOLDS, etc. Picturesque scenery on the river Meuse. (Grand in-4o, belle reliure.) . . . . . 3 l. 3 s.

ROBERT MUDIE. The British naturalist. Being sketches of the most interesting productions of the British Islands, etc. (2e édit., 2 vol. in-8°, relié en coton).. , . 12 s.

BRITISH ASSOCIATION for the advancement of science. The third vol. of Reports. (1 vol. in-8o). . . . . . . 15 s.

ANDREW STEEDMAN. Wanderings and adventures in the interior of Southern Africa. (2 vol. in-8° avec une carte et de nombreuses gravures). . . . . 1 l. 4 s.

J. AULDJO. Journal of a visit to Constantinople and some of the greek Islands (in-8° avec planches). . 10 s. 6 d.

THE PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS of the Royal Society of London, for the year 1835, 1re part. (in-4° avec 2 pl.) Prix. . . . . 1 l. 2 s.

J.-C. RUSSELL. An atlas of ancient geography. (gr. in-8°, coloré, demi-reliure, 22 cartes). . . . . 12 s.

L. W. DILLWYN. A descriptive catalogue of recent schells, according to the Linnæan method, with a particular attention to synonymy. (2 vol. in-8°). . . . . 1 l. 5 s.

JABER ALLIES. Observations on certain curious indentations in the old red Sandstone of Worcestershire und Herefordshire considered as the tracks of antediluvian animals, etc. (½ in-8° avec 3 lithographies.) . 3 s. 6 d.

J. Forbes Royle. Illustrations of the Botany and other Branches of the natural history of the Hymalayan mountains. (gr. in-4°, 7ᵉ livr. avec 11 pl. coloriées). 1 l.

Lindley and W. Hutton. Fossil Flora of great Britain. (18ᵉ livr. avec 10 planches). . . . . 5 s. 6 d.

M. Faraday. Chemical manipulation. (1 vol. in-8°). 18 s.

History and description of fossil Fuel, the Collieries and Coal Trade of Great Britain. (1 vol. in-8° avec beaucoup de gravures sur bois, relié en coton). . . . . . 12 s.

Mullinger Higgins. The Earth, its physical condition. and most remarquable phenomena. (petit in-8° avec beaucoup de figures, relié en coton). . . . . 9 s. 6 d.

Th. Thompson. Outline of Mineralogy, Geology and mineral Analysis. (2 gros vol. in-8°). . . . . . . 1 l. 12 s.

Th. Tretgold. A practical treatise on Rail-Roads and Carriages, shewing the principles of estimating their Strength, Proportions, Expense and annual Produce, and the conditions wich render them Effective, Economical and Durable; with the Theory, Effect and Expence of Steams Carriages, stationnary Engins, and Gas machines. Illustrated by four Engravings and numerous useful Tables. (in-8° avec 4 pl.) . . . . 8 s.

Luke Hebert. The Engineer's and mechanic's Encyclopædia, comprehending practical illustrations of the machinery and processes employed in every description of manufactures of the British Empire. (2ᵉ livraison ;) chaque livraison. . . . . 2 s.

(L'ouvrage entier, composé de 16 livraisons paraissant de mois en mois, formera 2 forts vol. in-8° avec 2.000 gravures sur bois.)

ALLEMAGNE.

Ier SEMESTRE DE 1835.

Bergmann. Das Kreosot in chemischer, pharmaceutischer und therapeutischer Beziehung (in-8° de 6 feuilles.). Nuremberg. Prix . . . . 0 th. 15 s. gr.

Döbereiner. Neueste Erfahrungen und Beobachtungen im Gebiete der physikalischen und technischen Chemie (in-8° 9 ½ feuilles.). Iena. Prix. . . . . 0 th. 20 s. gr.

Dulk. De lucis effectibus chemicis commentatatio (in-4° de 3 feuilles). . . . . 0 th. 7 ½ s. gr.

Lœwig. Chemische Untersuchung des Mineralwassers zu Seewen im Canton Schwyz. (in-8° d'une feuille.) . Ebend. 0 th. ⅙ s. gr.

Albina. Ein Taschenbuch fur Wanderer in der sachsischen schweiz. etc. (4e édition, in-16 de 16 ½ f. avec 24 pl.) 1 th. 10 s. gr.

Ausfeld. Allgemeine Ubersicht über die merkwurdigsten Gebirge und Gewässer und über die politische Geographie Teutschlands (3. édit.) Schepfenthal. 0 th. 10 s. g.

Berghaus. Atlas von Asia (2e livr. grand in-4° de 22 ¾ f.) Prix. . . . . 5 th. 0 s. gr.

Raabe. Ansichter vom Harz, nach der Natur gezeichnet 2e suite, gr. in-4° de 6 f.). Magdeburg. . 1 th. 15 s. gr.

Fischer. Oryctographie du gouvernement de Moscou (gr. in-fol. de 9 et ½ feuilles avec 68 pl.). . . 28 th. 0 s. gr.

Freiesleben. Oryktographie von Sachsen. Ein Beytrag zur mineralogischen Kenntniß dieses Landes und zur Geschichte seiner Mineralien. (6e cahier, grand in-8° de 8 feuilles.).. . 0 th. 15 s. gr.

HARTMANN. Lehrbuch der Mineralogie und Geologie. (1re partie; minéralogie; gr. in-8o de 25 ½ feuilles avec 3 planches.) Nuremberg. . . . . 1 th. 15 s. gr.

KAUP. Description d'ossemens fossiles de mammifères inconnus jusqu'à présent qui se trouvent au Museum grand ducal de Darmstadt avec fig. lithogr. (gr. in-4o de 4 ¼ f. et atlas de la f. ½ fol.) Darmstadt. 3 th. o s. gr.

KUSTER. Icones molluscorum et testaceorum. (1re partie, mollusques marins, 1re livr. — 2e partie, mollusques terrestres et fluviatiles, 1re livr.; chaque livr. de 6 pl. coloriées, gr. in-4o). Nuremberg. . . . 1 th. 15 s. gr.

K. C. LEONHARD. Fremdenbuch für Heidelberg und die Umgegend (gr. in-8o de 24 f. avec 24 gravures sur bois, plusieurs lithographies et une carte.). . 3 th. o s. gr.

MARX. Geognostische Skizze des Umgegend von Baden, im Grossherzogthnm (brochure. in-18 avec 6 f. lithogr.) Carlsruhe et Bade. . . . . o th. 15 s. gr.

K. W. ROSE. Revision des Beschlusses der Kritik uber die theorie der Geologie (grand in-8o de 7 ½ f.) Bonn. o th. 7 ½ s. gr.

PLIENINGER. Beschreibung von Stuttgard, hauptsachlich nach seinen naturwissenschaftlichen Verhaltnissen, etc. (gr. in-4o de 16 f., 2 pl., 1 pl. et une carte.) Stuttgard. Prix. . . . . 2 th. o s. gr.

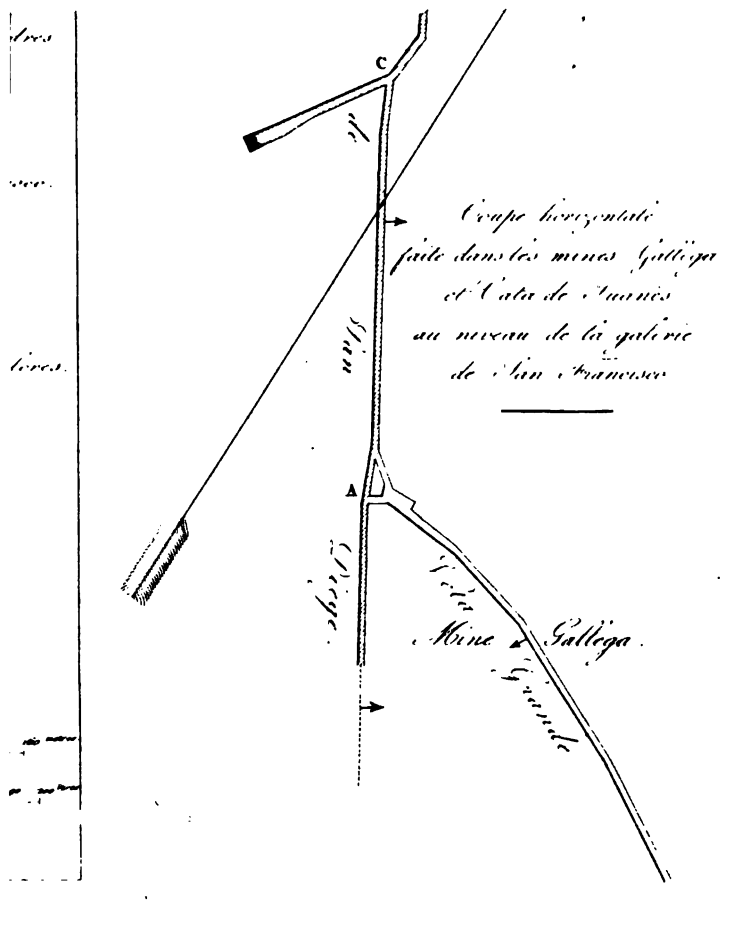
PŒPPIG. Reise in Chile, Peru und auf Amazonen Strome wahrend der Jahre 1827, 1328. (Tome I, gr. in-4o. de 60 ½ feuilles.) L'ouvrage aura 2 vol. avec un atlas de 16 feuilles in-folio. . . . . 13 th. 10 s. gr.

PRESL. Anleitung zum Selbstudium der Oryktognosie in technische Beziehung (2e partie, gr. in-8o de 19 ½ feuilles.) Prague. Prix. . . . . 1 th. 5 s. gr.

Anmerkungen versehen. Livr. 13—25, (fin) chaque livraison de 3 planches et ½ f. de texte. . . . 6 ¼ s. gr.

H. G. Bronn. Lethœa geognostica, oder Abbildung und Beschreibung der für die Gebirgs-Formationem bezeichnendsten Versteinerungen. (1re livr. in-8° de 3 f. avec 6 pl.) Stuttgard. . . . . 1 th. 5 s. gr.

Jameson. Entdeckungen und Abendtheuer in Africa, von den ältesten Zeiten bis jetzt. Mit einem Abriss der Geologie, Mineralogie und Zoologie, dieses Festlandes. Traduit de l'anglais (1 vol. in-12 de 30 f. avec un carte in-4°). Leipzig. . 2 th. 15 s. gr.



Gravé par Adam

